ŽIVOT U MORU

A. ERCEGOVIĆ

ZNANSTVENA DJELA

UREDNIK
AKADEMIK VALE VOUK

ŽIVOT U MORU

BIOLOGIJSKA OCEANOGRAFIJA

ANTE ERCEGOVIĆ

ZAGREB 1949

IZDAVAČKI ZAVOD JUGOSLAVENSKE AKADEMIJE
ZNANOSTI I UMJETNOSTI

USPOMENI MOJE MAJKE

PREDGOVOR

Poslije šezdesetih godina prošloga stoljeća naglo je porastao interes za istraživanje i upoznavanje oceana. Tome su mnogo doprinijeli: Darvinova nauka o razvitku živih bića, nagli porast ribolova na otvorenom moru i usavršavanje plovnih i lovnih sredstava i naprava, kao parne i motorne snage, pronalazak planktonskih mreža i dubinskih povlačenih mreža (travla i dredža). Taj je interes dao brojne naučne ekspedicije, podigao je mnogobrojne pomorsko-biologijske institute na morskim obalama svih kulturnih država i konačno, istakao se je u zajedničkoj međunarodnoj suradnji oko istraživanja i racionalnog iskorišćivanja mora. Intenzivna i dugotrajna nastojanja svih tih faktora i akcija donijela su nepregledan niz sasvim novih i važnih spoznaja. Rezultati tih spoznaja i na našem su jeziku prikazani u nekoliko stručnih i popularnih knjiga, koje se bave životom u moru. Na prvome mjestu spominjemo knjigu od K. Babića »Pogledi na biologične i bionomične odnose Jadranskog mora« (1911). Rasprava J. Hadžija o životu u Jadranu, koja je izašla u Stanojevićevoj »Narodnoj enciklopediji«, sadržava kratak, ali sažet i pregledan prikaz flore i faune Jadrana. Sve ostale knjige imaju više ili manje popularan karakter i zadaću, da čitaoca na ovaj ili onaj način upoznaju sa životom u Jadranskom moru. Tako je K. Babić dao i popularnu knjigu »Život Jadranskog mora« (1928). U. Girometta u knjizi »Život našeg Jadrana« (1933) obradio je u popularnom obliku najglavnije biocenoze Jadranskoga mora, a istim se predmetom bavi i knjiga M. Zeia i J. Zhaněla »Življenje našeg Jadrana« (1947), napisana na slovenačkom jeziku. Kako se iz toga vidi, sve navedene knjige prikazuju u najkrupnijim crtama život Jadranskog mora.

Međutim već od nekoliko decenija život se u moru izučava prvenstveno kao jedinstvena i harmonijska cjelina. Takvo je izučavanje bilo potaknuto spoznajom, da se čitava »priroda pojavljuje kao jedinstvena cjelina, u kojoj se sve nalazi u mnogostrukim odnosima jednog s drugim i u procesu uzajamnog djelovanja. Pošto je sve međusobno povezano, to je svaka pojava, svaki proces samo djelić cjeline, I samo s gledišta te cjeline može se razumjeti posebno, pojedinačno«

(R o z e n t a l: Marksistički dijalektički metod, izd. Kultura, Beograd 1948). Povezanost i uslovljenost, koja se očituje u cijeloj prirodi, javlja se možda najzornije i najneposrednije u moru. Morski organizmi i njihova okolina ili sredina ne samo da su među sobom tijesno povezani i zavisni, nego čine zajedno više biologijsko jedinstvo, naime životnu zajednicu, u kojoj se sastavni dijelovi: biljke, životinje i faktori sredine vladaju po zajedničkim zakonima cjeline. Ova spoznaja je bila od osnovne važnosti i u teorijsko-naučnom i u praktičnom pogledu. U teorijsko-naučnom zato, što je dovela do dalje spoznaje, da se život ostvaruje samo u zajednicama i da je radi poznavanja života u njegovim sastavnim dijelovima potrebno izučavanje životnih zajednica kao cjelina. U praktičnom pogledu, iskorišćivanje živih bića uopće, a morskih napose, može se vršiti racionalno, t. j. bez naročita rizika i gubitka, samo ako se uzimlju u obzir kompleksni zakoni cjeline. »Želimo li upoznati more, moramo proučavati ne samo njegove elemente, nego naročitu akordizaciju svih elemenata, osnovni plan, njegovu dinamiku. Mi tražimo cjelinu i od cjeline treba da smo u radu dirigirani. I baš u tome traženju cjeline možemo naći ključ mnogih specijalnih pitanja, koja nas interesuju« (V o u k V.: Smjernice i načela rada Oceanografskog instituta. Godišnjak Oceanografskog instituta. Sv. I. str. 40, 1938). Ovi novi pogledi biologije i napose biologijske oceanografije nameću dužnost, da se i širi slojevi naroda, jer i oni imaju pravo da budu na visini suvremenog naučnog gledanja, upoznaju s novijim tekovinama nauke o uzajamnoj povezanosti živih bića i o njihovoj zavisnosti od sredine, u kojoj žive. To je bio motiv, koji me je potaknuo na pisanje ovih stranica. No to nije bio jedini motiv. Kao i inače u svijetu, tako se i kod nas u posljednje vrijeme pojavilo veće zanimanje za poznavanje života u moru. To se očitovalo već prije posljednjeg rata u uspješnim naporima naših akademija nauka, da se izgradi na našim obalama veliki institut za istraživanje mora. Interes našeg naroda za probleme života u moru pokazuje se danas još mnogo više u nastojanjima naše narodne vlasti, da u planu obnavljanja i izgradnje zemlje podigne iskorišćivanje našeg mora i u vezi s time našu oceanografijsku nauku do najvišeg mogućeg stepena. Ovo opće zanimanje za pitanja života u moru i njegova iskorišćivanja bio je drugi i najjači motiv, da izvršim ovaj rad.

U izvršivanju preuzete zadaće imao sam pred očima šire slojeve naroda, koji već imaju neko potrebno osnovno biologijsko predznanje, pa sam nastojao da prema tome prilagodim način pisanja, da bih bio, koliko je moguće, njima pristupačniji. No pred očima sam imao osobito studente biologije i mlade biologe, koji su željni da svoje stručno znanje prošire i produbu i da se uvedu u krupnije probleme suvremene biologijske oceanografije, bilo da sami kane raditi na tom području ili da žele preko škole prenositi svoje znanje

na što šire slojeve naroda. Na njih sam naročito mislio citirajući naučnu literaturu i ističući neka neriješena pitanja od znatnijeg interesa.

U ovom izlaganju nije mi bilo do toga da opisujem morske biljke ili životinje ili njihova životna djelovanja. To je predmet zoologijskih i botaničkih udžbenika. Cilj mi je bio da prikažem, koliko je moguće, život u moru onakav, kakav je on, naime kao zajednicu višeg stepena, koja se sastoji od organski povezanih i među sobom zavisnih dijelova.

Svi oni, koji i malo znaju, kako je prostrano i još relativno slabo istraženo područje biologijske oceanografije i kako je rasijana, nepregledna i sintetski slabo obrađena literatura ove nauke, uvidjet će, kako je težak put, kojim sam pošao. O tome sam i sam bio načistu već od početka i nisam ni pomislio, da bi moj rad bio bez manjih ili većih nedostataka. No koliko on pridonese, da se u slobodnoj domovini još više produbе interes i želja za poznavanjem, izučavanjem i iskorišćivanjem mora, u prvom redu Jadrana i njegova života, naći će već time primjereno opravdanje.

Nada sve mi je ugodna dužnost da i na ovom mjestu zahvalim svima onima, koji su mi na bilo kakav način pomogli u ovom radu. Naročitu zahvalnost izričem akademicima dru. V. V o u k u i dru J. H a d ž i j u, koji su s velikom pažnjom pročitali sav tekst u rukopisu i koristeći se svojim velikim znanjem i iskustvom dali mi mnogo korisnih savjeta i obavještenja. Zahvaljujem također drugu dru T o n k u Š o l j a n u koji se je spremno odazvao da pročita neka poglavlja. Zahvalan sam, napokon, i prijateljima akadem. slikaru I v i M i r k o v i ć u, M a t i B o g d a n o v i ć u, B o r i s u P e r a č i ć u i P e t r u B e r g a m o, koji su mi pomagali kod izradbe slika za tekst.

S p l i t, dne 1. januara 1949.

Dr. A. Ercegović

U V O D

Istraživanje otvorenog mora i naročito većih dubina nailazi na znatnije poteškoće. Potreba lađe, većeg ili manjeg broja ljudi i naročitog alata u svrhu sabiranja hidrografskih podataka i uzoraka morske vode, morskih organizama i morskog dna zadaje poteškoća, kakve nisu poznate u istraživanju života na kopnu. To je bio jedan od glavnijih uzroka, da su oceanografijska istraživanja ostala sve do pedesetih godina prošloga stoljeća ograničena gotovo isključivo na plitke i obalne vode i odnosila su se uglavnom na poznavanje obalne faune. Takve su vrste bili naročito radovi Milne Edwardsa na francuskoj obali, Mihael Sarsa na norveškoj kod Bergena, E. Forbesa na engleskoj i u Egejskom moru i Sven Lovéna na norveškoj obali. Još u to vrijeme vladalo je mišljenje Perona i Forbesa, da je život u moru ograničen samo na najgornji sloj morske vode i da u dubinama vlada potpuna pustoš. Iako su se tome mišljenju opirali neki sporadični nalazi, kao oni J. Rossa, koji je u Bafinovu zalivu izvadio iz dubine od nekih dvije hiljade metara više morskih zvijezda, ono je potpuno napušteno istom poslije godine 1860., kada je na podmorskom kabelu, koji je bio izvađen iz dubine od 2400 metara, bila nađena čitava fauna spužvica, briozoa, školjaka itd. To je bilo izvanredno važno otkriće, koje je ponukalo Wiville Thomsona da izvrši nekoliko manjih ekspedicija u blizini engleskih obala (brod Porcupine), na kojima je mogao ustanoviti, da živa bića dolaze i u dubinama preko tri tisuće metara. Ova iznašašća između šezdesetih i sedamdesetih godina prošloga stoljeća znače pravu prekretnicu, i može se smatrati, da od njih datira era modernog istraživanja mora. Njihova je najveća vrijednost u tome, da su dala povoda za organiziranje velikih ekspedicija, u prvome redu one »Challengera«, za istraživanje oceana. Dvadeseti decembra g. 1872, tj. dan polaska korvete »Challenger« iz Plymouthske luke, može se s pravom smatrati rođendanom moderne oceanografije. Istraživanja Challengera su od temeljne važnosti ne samo stoga, što su donijela obilje novih i osnovnih spoznaja, koje se odnose na sve oceanografijske grane, nego i stoga, što su poslužila kao poticaj i uzor drugim velikim ekspedicijama, koje su izvršene u svim dijelovima svjetskoga

mora. Radovi ekspedicija bili su paralelno potpomognuti radovima, koji su vršeni u pomorskim biologijskim ustanovama. Te su u većemu broju bile podignute naročito u posljednjim decenijima prošlog stoljeća na raznim evropskim obalama, a među njima su bile od naročite važnosti Zoološka stanica u Napulju, koju je svojim inicijativama i sredstvima podigao A. Dohrn, te oceanografski institut u Roscoffu, koji je organizirao Milne Edwards. Radovi izvršeni u oceanografskim institutima, a naročito na ekspedicijama, za posljednjih tridesetak godina prošloga stoljeća donijeli su oceanografijskoj nauci više rezultata, nego svi radovi izvršeni prije toga vremena. U tom periodu upoznati su u najkrupnijim crtama reljef i sastav morskog dna, ispitani su narav i porijeklo glavnih taloga na morskom dnu, ustanovljena je raspodjela temperature i slanoće na raznim geografijskim širinama i slojevima oceana, proučene su najznačajnije osobine života u dubinama. S obzirom na samo izučavanje živih bića, interes se je s početka odnosio uglavnom na organizme morskoga dna. Istom nešto kasnije, kad su se počeli javljati prvi problemi ribarstvene biologije, Hensen je izučavanjem planktonskih ribljih jaja prvi probudio zanimanje za živa bića, koja kao plankton slobodno lebde u vodi. Zadnje godine prošloga stoljeća zatekle su oceanografijsku nauku na visokom usponu. No to je bio uspon naročito regionalno-deskriptivne nauke, koja u prvome redu registrira i opisuje žive oblike te fizičke i kemijske pojave i stanja morske vode u različitim dijelovima svjetskoga mora. Na tom usponu nije bilo više očekivati vanrednih i neviđenih otkrića sličnih onima iz vremena prvih ekspedicija, i bilo bi vjerojatno tada došlo do zastoja i stagnacije u istraživanju mora, da nisu pritekle nove pobude, koje su dale novih zamaha. Te su pobude došle s dviju strana: sa strane teorijsko analitičke nauke i sa strane praktičnog ribarstva. Već prije su bili zapaženi bliži odnosi između građe i djelovanja morskih životinja i njihove bliže sredine. Tako na pr. životinje sa svijetlećim organima i s teleskopskim očima nađene su daleko pretežno u većim, neosvijetljenim dubinama. Trebalo je objasniti te odnose, a također i uzroke dinamičkih pojava u moru, u prvome redu struja. Potreba analize odnosa i pojava u moru pokazala se je koncem prošloga stoljeća kao vanredno jak podstrek za istraživanje mora i njegova života. S druge strane ribarstvena ekonomija je od nauke tražila, da otkrije zakone, koji upravljaju naseljima riba, i da dade odgovora na pitanja, kako se ima postupiti u praksi, da rentabilnost ribolova ostane stalno na visini, bez opasnog kolebanja i fluktuacija, i na koji se način može unaprijed predvidjeti rezultat odnosno uspjeh lova. Takvi zahtjevi praktičnog ribarstva javili su se najprije na sjeverozapadnim obalama Evrope, gdje je ribarstvo želo najobilnije žetve, i gdje je najprije zaprijetila opasnost pretjeranog lova i štetnog iscrpljivanja morskoga dna. Ti praktički zahtjevi bili su povodom, da se organizira međunarodna suradnja u svrhu zaštite i racionalnog iskorišćivanja ribljih naselja, pa je tako došlo u samom početku ovog stoljeća do osnivanja »Stalnog međunarodnog savjeta« sa sjedištem u Kopenhagenu. Ta znamenita ustanova izvršila je vrlo znatnu zadaću u organiziranju i koordiniranju mnogobrojnih napora, koji su učinjeni na polju oceanografije u mnogim evropskim zemljama.

Spomenute pobude, koje su došle koncem prošloga stoljeća od strane analitičke nauke kao i od strane praktičnog ribarstva, dale su, a daju i danas oceanografijskoj nauci izvanredno jak podstrek, koji se javlja u suvremenim težnjama i nastojanjima, da se svestrano obuhvati i u cjelini riješi problem proizvodnje i kruženja organske materije u moru kao problem, koji u sebi uključuje i rješava sva pitanja, koja zanimaju i teoretsku nauku i praktično ribarstvo. To novo gledište nauke temelji se na činjenici, da su svi faktori mora tako tijesno među sobom povezani i uslovljeni, da jedni bez drugih ne mogu ni postojati, a kamo li da bi se mogli jedni bez drugih izučavati i upoznavati. Na pr., već sama podjela i gustoća ribljih naselja na nekom području ne mogu se pravo razumjeti bez prethodnog poznavanja sudbine larva, iz kojih su one izašle i koje u najviše slučajeva slobodno lebde u vodi. S druge strane sudbina larva je vezana s naravi i putovima struja, koje ih nose i mogu ih donijeti ili na mjesta, koja su povoljna za njihovo daljnje preživljavanje (povoljna temperatura, dovoljno hrane itd.), ili na mjesta, koja su za njih nepovoljna. No također tok i narav struja uslovljeni su spoljašnjim uvjetima, a to su naročito temperatura i slanoća morske vode, kao i konfiguracija i pravac morskih obala i morskoga dna. Sama temperatura morske vode u osnovi zavisi od astrofizičkih, a slanoća od meteorologijskih pojava. I tako već sam problem raspodjele i gustoće ribljih naselja u moru ne može se pravo rješavati bez pomoći ostalih oceanografijskih grana: geologije, geokemije i geofizike, pa također i astrofizike i meteorologije. Na sličan način nijedan problem biologije mora, kao naročito ni čitav metabolizam života u moru, ne mogu se konačno razumjeti, ako se ne uzmu u obzir i druge grane oceanografijske nauke. A i obrnuto, problemi marinske geologije, geokemije i geofizike, ne mogu se konačno rješavati, ako se ne poznaju utjecaji morskih organizama. Tako geolog ne može pravo objasniti sastav i narav morskog dna, ako ne uzme u obzir djelovanja i ulogu morskih organizama u izgradnji morskih taloga. Analogno i geokemičar ne može pravo razumjeti podjelu plinova u morskoj vodi, ako ne vodi računa o djelovanju morskih biljaka i životinja na smanjenje ili povećanje plinova u morskoj vodi. More odnosno ocean sa svim svojim dijelovima i faktorima, neživim i živim, čini strogo jedinstvenu i dinamičku, ne statičku, cjelinu, u kojoj sudjeluju u poremećivanju i uspostavljanju osnovne ravnoteže svi najraznoličniji faktori mora: geologijski, fizički, kemijski i biologijski. Radi toga i razne

oceanografijske grane: geologija, geofizika, geokemija i marinska biologija čine u osnovi jedinstvenu i nedjeljivu nauku: oceanografiju. Izučavanje bilo koje od spomenutih grana pretpostavlja potrebu izučavanja i svih ostalih. Ta osnovna pretpostavka nije do nedavna dovoljno bila uzimana u obzir, pa su se bilo fizički i kemijski, bilo biologijski i ribarstveni problemi izučavali sami za se, bez obzira na druge. Napose kod raspravljanja biologijskih i ribarstveno biologijskih problema nisu se dovoljno uzimala u obzir ni izučavala fizička i kemijska zbivanja, pa je to bilo jedan od uzroka, da ispitivanja nisu dovela do onih rezultata, koji bi odgovarali naporima i očekivanjima. Tek u posljednjim decenijima oceanografijska je nauka udarila ispravnijim putovima. Istina, ona još nije došla do svog konačnog uspona, koji bi bio analogan usponu starije deskriptivne oceanografije koncem prošloga stoljeća, jer ne samo da još nije dala konačnog odgovora na glavnija pitanja ribarstvene prakse i na probleme velikog metabolizma u moru, nego se gdjegdje još ima da bori s poteškoćama oko metodike ispitivanja. Pa ipak ona je već u prvim decenijima ovoga stoljeća došla do izvanredno vrijednih spoznaja, koje se odnose na more kao na jedinstven životni prostor i na život u moru kao na jedinstvenu cjelinu. Poslije nego su gotovo u tančine objašnjene fizičke i kemijske prilike u morskoj vodi, naročito poslije vrlo važne M e t e o r-ekspedicije, upoznat je, u najkrupnijim crtama, sistem oceanskog strujanja u dubinama, koji je uvjet i osnova trajnog održavanja i raspodjele životne zajednice u moru. Nakon što je i na rast morskog bilja primijenjen L i e b i g o v zakon minimuma (B r a n d t), uspjelo je pokazati, da u načelu isti uvjeti, koji upravljaju proizvodnjom na kopnu, ravnaju njome i u moru, iako more raspolaže posebnim faktorom, a to su struje, koje vrše glavnu ulogu u prometu hranjivih soli (N a t h a n s o n). Ove su spoznaje omogućile, da se pokuša odrediti produktivnost slobodnih voda (L o h m a n n) i morskoga dna (P e t e r s e n). Uporedo s time pronađen je način, kako da se upozna sastav i struktura ribljih naselja, i to je dovelo do otkrića uzroka, koji ravnaju fluktuacijama godišnjih lovova ekonomski važnih riba, i kojih poznavanje omogućuje, u načelu, predviđanje bogatih i siromašnih godina (H j o r t). Svi ti kao i mnogi drugi rezultati govore nedvojbeno za to, da su suvremeni pogledi nauke o povezanosti i uslovljenosti svih zbivanja u moru i o potrebi njihova paralelnog izučavanja ispravni i plodonosni te jedini u stanju da vode do daljnih rezultata i do konačnog rješavanja cjelokupnog problema metabolizma u moru. To je preliminarna spoznaja, koja ima da posluži kao polazna tačka svakog znatnijeg naučnog preduzimanja i o kojoj je trebalo voditi računa i prilikom pisanja ovih stranica.

P o g l a v l j e p r v o :

ŽIVOTNI PROSTOR MORSKIH ORGANIZAMA

Životni prostor organizama, more ili ocean, odlikuje se velikim prostranstvom i obuhvaća dva fizička elementa: morsko dno i morsku vodu.

PROSTRANSTVO MORA

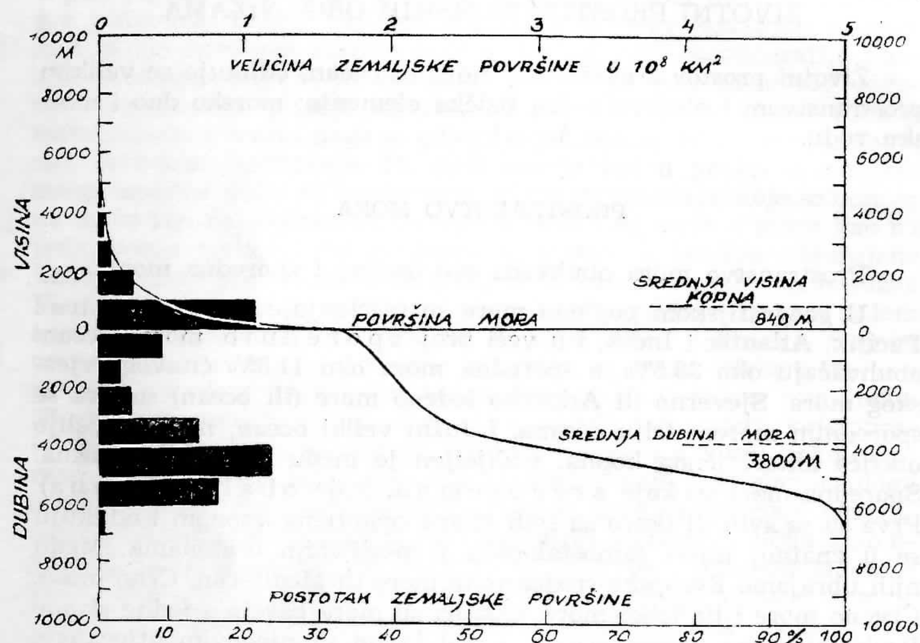
Prostranstvo mora obuhvaća sve oceane i sporedna mora.

U geografijskom pogledu more se raščlanjuje u tri o c e a n a : Pacifik, Atlantik i Indik, i u veći broj s p o r e d n i h mora. Oceani obuhvaćaju oko 88.5%, a sporedna mora oko 11.5% čitavog svjetskog mora. Sjeverno ili Arktičko ledeno more (ili ocean) smatra se sporednim morem triju oceana. I Južni veliki ocean, napose poslije otkrića antarktičnog kopna, podijeljen je među tri glavna oceana. Sporedna mora su koje s r e d o z e m n a, koje o b a l n a (r u b n a). Prva su sa svih ili skoro sa svih strana opkoljena kopnom i odlikuju se u znatnoj mjeri samostalnošću i specifičnim osobinama. Među njih ubrajamo Evropsko sredozemno more ili Mediteran, Crno more, Crveno more i Baltičko more. Obalna su mora barem s jedne strane široko otvorena prema oceanu i pod jakim su njegovim utjecajem. Tipska su obalna mora: Sjeverno (Nordsee), Žuto i Beringovo more.

Morsko prostranstvo odlikuje se veličinom, koja omogućuje životnu zajednicu najvećih razmjera. Veličinu morskog prostranstva pojmit ćemo pravo, ako je isporedimo s prostranstvom kopna (kontinenata), i to s obzirom na površinu, na debljinu i na volumen. Površina kontinenata ima oko 148.7 milijuna km², a morska površina 361.1 mil. km², dakle oko 2.4 puta više. — Srednja je visina kontinenata iznad srednje morske razine oko 840 m, a srednja dubina mora oko 3.800 m (sl. 1), dakle oko 4.5 puta više. — Volumen ili blok kopna iznad srednje morske razine zaprema oko 125 milijuna

km³, a volumen mora oko 1.370 milijuna km³. Prema tome bi trebalo oko 11 kontinentskih blokova, da se ispuni sav morski prostor. Kad bi se sva zemaljska kora sravnila na istu razinu, ona bi ostala nekako 2.5 km ispod morske površine, i zemljinu kuglu bi pokrivao sa svih strana 2.5 km debeo sloj vode.

I pored svoje geografijske raznolikosti morsko se prostranstvo odlikuje tijesnom povezanošću i j e d i n s t v o m. Oceani i sporedna mora povezani su među sobom spomoću struja, koje omogućuju



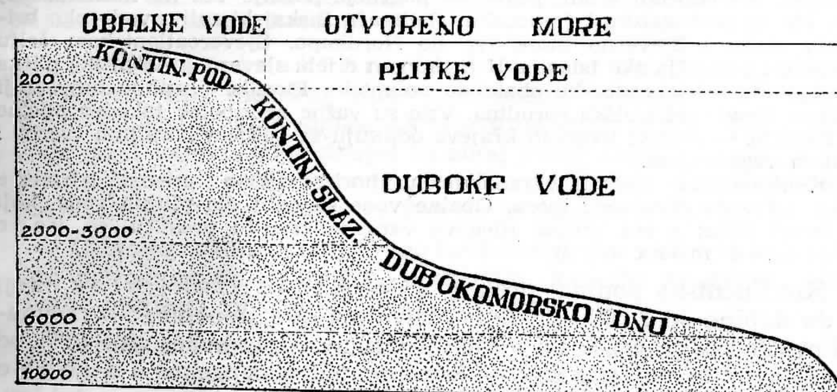
Sl. 1. — Hipsografijska krivulja zemaljske kore (K o s s i n a).

promet vode i u horizontalnom pravcu između različitih geografijskih dijelova mora i u vertikalnom između raznih slojeva od površine do najvećih dubina. To se očituje u jednakim ili sličnim fizičkim ili kemijskim osobinama, naročito u slanoći, koja pokazuje gotovo svuda približno jednak omjer raznih kemijskih komponenata. Povezanost svih dijelova i jedinstvo mora su osnova, na kojoj se temelji povezanost i jedinstvo svih dijelova životne zajednice u moru.

MORSKO DNO

U biologijskom pogledu važne su dvije osobine morskog dna: reljef i fizička struktura.

R e l j e f. Zbog naročitih prilika (stalno taloženje, odsustvo eksogenih sila) u moru svuda podalje od obale prevladavaju postupni, blago nagnuti i zaobljeni oblici, kakvi se očituju poglavito u valovitim ravnjacima s laganim usponom i padom, bez naglih kontrasta, koji su u velikoj mjeri značajni za kontinent. U reljefu morskog dna možemo razlikovati ove stepenice: žal, kontinentsku podinu ili šelf, kontinentski slaz te duboko i abisalno dno (sl. 2). — Ž a l je uski pojas morskog dna, koji leži između visoke i niske vode i tako ima amfibijski značaj, jer je za plime pokriven morem, a za oseke ostaje iznad morske razine kao i ostali istaknuti dijelovi kopna. Ovaj



Sl. 2. — Shema reljefa morskoga dna

pojas je jako izložen mehaničkom djelovanju morske vode i odlikuje se periodičnim mijenjanjem fizičkih i kemijskih uvjeta. Njegova je visina između malo centimetara i nekih petnaestak metara, pa je stoga njegova površina u poredbi s površinom drugih stepenica neznatna. — K o n t i n e n t s k a p o d i n a ili š e l f (engl. Shelf) dio je morskog dna, koji se nastavlja na žal obično laganim padom i seže do nekih 100—400, prosječno do 200 m duboko i pričinjava se kao podnožje, na kojemu počiva kopno. Gdjegdje je vrlo dobro razvijen, a gdjegdje potpuno izostao. U morfologijskom pogledu šelf pripada susjednom kopnu i spoljašnja njegova granica označuje nekadašnji rub kopnenih masa.

Osobito su dobro razvijeni šelfovi: sjeveroatlantski, sjeverosibirski, Beringov, ohotskosahalinski, borneojavanski i patagonijski. Nikako ga nema na pr. uz obale Perua i Čilea, gdje se strmi pad Anda nastavlja također ispod morske površine.

Šelf obuhvaća približno oko 7.9% čitave površine morskog dna (oko 30 milijuna km²). Stupac vode iznad razine šelfa naziva se p l i t k a v o d a. Ona pokazuje dvije biologijski važne osobine: gibanje i jaču osvijetljenost. Gibanje vode iznad razine šelfa zavisi od valova i struja. Ono direktno utječe na manji stepen taloženja i time na veću tvrdoću morskog dna, zatim na bolju izmjenu otopljenih plinova. Jača osvijetljenost plitkih voda uvjet je opstanku autotrofnog bilja, a time indirektno i opstanku čitavog morskog života.

Plitke su vode izvanredno važne i za samog čovjeka. Na kontinentskoj podini ili u vodama iznad nje žive najvažnija naselja riba, koja čovjek iskorišćuje za hranu, i u tim je vodama razvijen najbogatiji ribolov. U tom pogledu je od najveće važnosti sjeveroatlantski šelf, koji se nalazi s obje strane Atlantika. Na istočnoj strani plitko se područje počinje već na marokanskoj obali, ide uz portugalsku i francusku, obuhvaća Biskajski zaliv, vode oko britanskih otoka i Sjeverno more sve do Nordkapa. Sjeveroatlantskom šelfu pripadaju i područja oko Islanda. U zapadnom dijelu sjevernog Atlantika plitka područja idu od labradorske obale do poluotoka Floride, i njihov najvažniji dio tvori Newfoundlandska sprudina. Vrlo su važne za ribolov također pličine oko Kanade. — Šelfovi tropskih krajeva odlikuju se obiljem koraljnih tvorba i bogatom vegetacijom.

Kontinentska podina ograničuje u horizontalnom pravcu o b a l n e v o d e od voda otvorenog mora. Obalne vode su onaj dio plitkih voda, koji leži iznad šelfa; s one strane njegove vanjske granice prostiru se v o d e o t v o r e n o g m o r a (sl. 2).

Kontinentska podina prelazi u k o n t i n e n t s k i s l a z, koji ide do dubine od 2.000—3.000 m. Površina ove stepenice — računajući morsko dno od 200 do 3.000 m dubine — obuhvaća oko 15% od čitave površine morskog dna. — Kontinentski slaz prelazi u d u b o k o m o r s k o dno, koje seže prosječno od 3.000—6.000 m u dubinu. Odlikuje se vrlo laganim padom i obuhvaća oko 75.7% od čitave površine morskog dna. Stupac vode između dubokog morskog dna i razine šelfa tvori d u b o k e v o d e. Najvažnije su fizičke i kemijske osobine tih voda: odsustvo intenzivnijeg gibanja i stoga jako taloženje, jak tlak i odsustvo svijetla u jakosti, koja je potrebna za procese fotosinteze. — Duboko morsko dno prelazi gdjegdje slabijim ili jačim padom u veće dubine (a b i s a l n o d n o). No čitava površina dna, koja leži ispod 6.000 m dubine, obuhvaća samo 1.3%, dakle vrlo malen dio morskog dna.

Poredaj stepenica, kakav je malo prije prikazan, shematske je naravi. Kako šelf, tako i ostale stepenice nisu svuda razvite, niti uvijek pravilno dolaze navedenim redom. Pored toga javljaju se i u manjim i u većim dubinama raznovrsne udubine i uzvisine. U d u b i n e su raznog oblika. Kružno oblikovane velikih razmjera su z a v a l e, a manje su k o t l i n e. Izduljena i široka udubljenja s blago nagnutim stranama su k o r u t i n e, a duga i uža sa strmim stranama su j a r c i (najdublji poznati je F i l i p i n s k i jarak, sjeverno od otoka Mindanao, dubok 10800 m). Među podmorske uzvisine idu grede i pragovi. G r e d e (pličine ili bankovi) dižu se s dubokog ili plićeg dna i sežu do visine šelfa. Iz evropskih mora je poznata naročito Dogger-greda u Sjevernom moru. Grede manjih razmjera su b r a k o v i. P r a g o v i su dugačke uzvisine blagog uspona u dubokim vodama (dakle ispod razine šelfa). Osobito je poznat Centralni atlantski prag, koji se proteže u obliku slova S od Islanda preko Azora dalje prema jugozapadu, od širine Kapverdskih otoka prema jugoistoku, napokon od ekvatora prema jugu (do otoka Bouvet na 54° j. š.) i dijeli istočni Atlantik od zapadnog. Na sličan način podmorski prag ide od južne Italije preko Sicilije na Tunis i dijeli Mediteran u zapadni, plići (preko 3.000 m), i istočni, dublji (do preko 4.000 m) dio.

Podmorska uzvisina, koja ide od Gargana preko Tremita i Palagruža do Lastova, dijeli Jadran u sjeverozapadni, plići (kotlina Jabuke duboka je 268 m), i jugoistočni, dublji dio. Južna jadranska kotlina prema dosadašnjim istraživanjima iznosi 1.200—1.300 m (jugozapadno od Boke Kotorske). Na sjever od crte Monte Gargano — Palagruž — Lastovo dubine ne prelaze preko 200 m (osim spomenute kotline Jabuke, koja se u obliku uskog i dugačkog žlijeba proteže u pravcu Žirje-Ortona). Sjeverno od crte Gran Sasso d'Italia—Kornati dubine su manje od 100 m, a sjeverno od Kamenjaka (Promontore) su ispod 50 m. — U dalmatinskim kanalima kreću se dubine obično između 60 i 100 m. Najdublji je Planinski kanal (do 102 m).

F i z i č k a s t r u k t u r a. S obzirom na strukturu razlikujemo tri glavna tipa morskog dna: hridinasto, pjeskovito i muljevito. H r i d i n a s t o d n o dolazi na mjestima, gdje je zbog jačeg gibanja vode (jaki valovi, jake struje) ili zbog jakog nagiba taloženje finijih čestica pijeska i mulja nemoguće. Oba ova slučaja dolaze u području obale. Prema tome kamenito dno ne prelazi područje šelfa.

U biologijskom pogledu kao hridinasto dno vlada se svako tvrdo dno prirodnog ili vještačkog podrijetla, kao što su gatovi, plutače, ljuske brodova, plivajuće drvo i t. d.

Hridinasto dno se fizičkim i kemijskim djelovanjem vode (rijeka i bujica, valova i struja) i živih bića drobi i raspada u šljunak i valutice, pijesak i mulj, koji se talože u moru. Najveće dijelove, t. j. šljunak i valutice, valovi potiskuju najdalje prema obali, gdje ih i ostavljaju. Na povratku s obale nose sa sobom manje čestice: manji šljunak, pijesak i mulj, i talože ih bliže (šljunak i pijesak) ili dalje (mulj) od obale.

P j e s k o v i t o dno sastoji se od zrnaca, koja prosječno nisu manja od jedne desetine milimetra, rahlo su združena i većinom silikatne prirode. Njihovo se taloženje vrši na podnožju obale u plitkoj vodi. Stoga pjeskovito dno ne prelazi područje šelfa. Na mjestima, koja su zaklonjena od jačeg gibanja vode, kao što su mirne uvale, luke i t. d., taloženje se može vršiti već na samoj obali.

Već iz toga, što je rečeno, izlazi, da u moru češće dolaze prelazni oblici s jedne strane između hridinasta i pjeskovita, a s druge između posljednjega i muljevita dna. Kao prelazan oblik između hridinastog i pjeskovitog dna može

se smatrati šljunkovito i ljušturno dno. Šljunkovito se sastoji od zrna šljunka, koja imaju prosječno oko 3 mm u dijametru. Za ljušturno dno smatramo smjesu pijeska i tvrdih dijelova organogenog podrijetla, kao što su ljušture i ljušturni ostaci mekušaca i bodljara, inkrustacije vapnenačkih alga i t. d. Po strukturi se to dno više nadovezuje na pjeskovito. I među pjeskovitim i muljevitim dnima nalazimo sve prijelaze. Često je morsko dno pokriveno smjesom pijeska i mulja, u kojoj prevladava sad jedan, a sad drugi od njih.

Muljevito dno, koje pokriva najveći dio površine morskog dna, sastoji se od čestica, koje su manje od jedne desetine milimetra, a dolaze na mjestima, gdje nema znatnijeg gibanja vode. Te čestice su dvostrukog podrijetla: terigenog (kopnenog) ili pelagičkog. Terigeni elementi mulja dospijevaju s kraja u more rijekama, bujicama i vjetrom. Oni se sastoje ponajviše od proizvoda razaranja kamenja i od naplavljene zemlje, a pokrivaju relativno uski pojas morskog dna, poprijeko oko 200 km širine, ili oko 20% morskog dna, u području litorala i arhibentala. Različite su kemijske građe, konzistencije, vanjskog izgleda i boje: zelene, plave, žute i t. d., prema primjesama, koje sadržavaju. Pokrivaju dno plitkih mora, koja okružuju kopno (na pr. Sjevernog mora i Baltika), kao i zatvorenih dubokih mora (n. pr. Mediterana). Više su rasprostranjeni na sjevernoj polukugli nego na južnoj. Mulj pelagičkog podrijetla potječe od anorganskih ostataka pelagičkih živih bića: foraminifera, radiolarija, kokolitoforida, pteropodnih puževa i dr., a dolazi izvan pojasa terigenog mulja, i to približno od 900—1.000 m. dubine pa na niže, i može da sadržava i neki iznos terigenih elemenata. Mulj pelagičkog podrijetla pokriva oko 45% morskog dna. On je pretežno vapnenačke ili kremene prirode, i to prema tome, da li u njemu prevladavaju ostaci vapnenačkih ili kremenih organizama. Od prvih su najvažnije neke foraminifere (najčešća *Globigerina bulloides*) i kokolitoforide (*Pontosphaera huxley*). Njihove ljušturice tvore glavni dio t. zv. globigerinskog mulja, koji pokriva oko 33% morskog dna i rasprostranjen je osobito u tropskom i umjerenom pojasu svih triju oceana, a naročito Atlantika. To je poznati vapnenački mulj, koji ima u sebi do 80% kalcijeva karbonata. Dolazi u dubinama od 1.000 do 5.000 m, ali što niže, to je u njemu manje vapnenca. Golema je uloga tog mulja u tvorbi vapnenačkog kamenja. Njemu je sličan pteropodni mulj, koji je izgrađen poglavito iz ljušturica pelagičkih puževa, osobito pteropoda (*Carinaria, Atlanta, Diacria* etc.), a pokriva samo oko 0.7% morskog dna tropskih mora i ne ide dublje od 4.000 m. — Kremeni mulj potječe poglavito od dijatomejskih ljušturica (dijatomejski mulj), pokriva oko 8% morskog dna i rasprostranjen je u umjerenim i hladnim vodama, osobito Antarktika. U manjoj mjeri potječe od planktonskih radiolarija, i to je radiolarijski mulj, koji pokriva oko 2.3% morskog dna. Dolazi poglavito u žarkom Pacifiku, i to najviše u dubinama ispod 4.000 m. U najvećim dubinama oceana, t. j. preko 5—6 tisuća m., morsko dno ne sadržava u znatnijoj mjeri pelagičkih elemenata, jer se oni, dok tonu, na svom dugom putu pod jakim pritiskom vode i djelovanjem ugljičnog dioksida potpuno otapaju. Tu je morsko dno prekrito crvenom ilovačom, koja pokriva oko 45% morskog dna, a njena crvenkasta ili smeđasta boja potječe od zrnaca željeznog i manganovog oksida. To je u kemijskom pogledu pretežno aluminijev hidrosilikat, a po svom podrijetlu vjerojatno prastari autohtoni sastavni dio prvotnog morskog dna odnosno zemaljske kore. U sebi ima još i raznih primjesa, kao nerastopljenih ostataka pelagičkih organizama, vulkanske prašine, zubi morskih pasa, slušnih kostiju kitova i tvrdih ostataka bentoskih životinja. Konzistencije je mekane (kao »maslo uljeto«).

Naročitu vrstu morskog dna tvore koraljni grebeni, koji dolaze samo u području toplih voda.

Fizička struktura morskog dna vrlo je važna za život u moru, jer od nje zavisi množina hranjivih organskih tvari, zatim neka fizička i kemijska svojstva, kao na pr. prisutnost kisika i odsutnost otrovnih plinova (H_2S), koja su važna za život organizama na dnu.

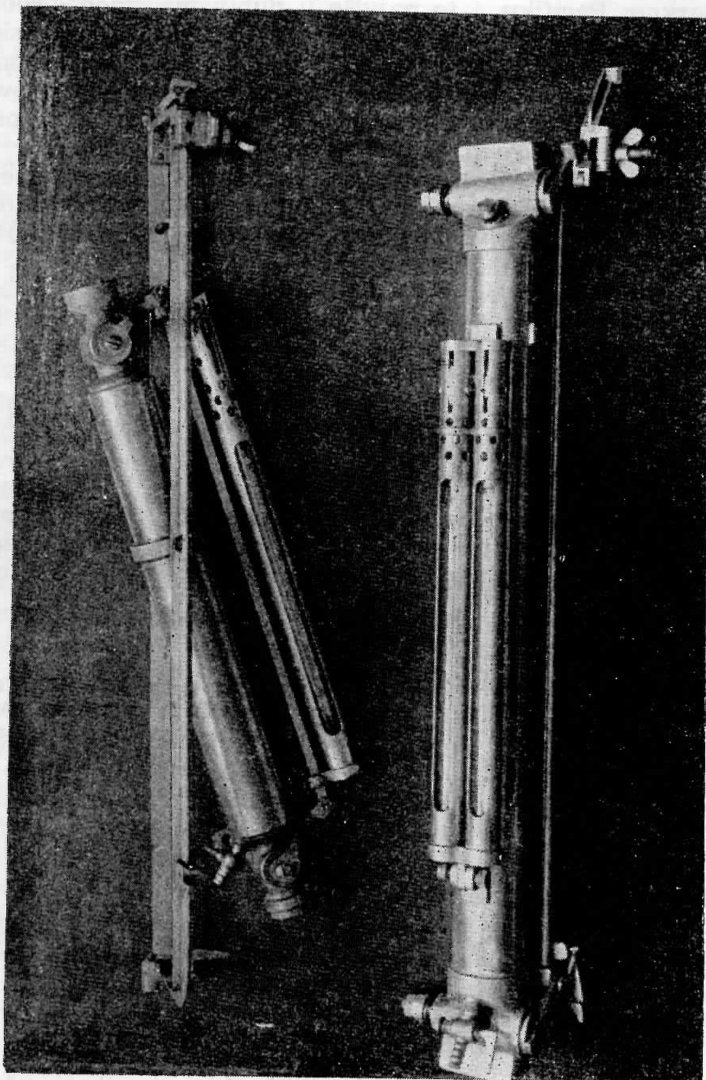
Literatura:

ANDRÉE K. (1920), Geologie des Meeresbodens, Leipzig. — CVJETKOVIĆ B. (1913), Oceanografija, Dubrovnik. — MARDEŠIĆ P. i RIBOLI A. (1940), Okeanografija, Zemun. — SCHUMACHER A. (1932), Ozeanographie, in Handbuch der Naturwissenschaften Bd. VII, Jena. — THULET (1922), L'Océanographie, Paris.

MORSKA VODA

Morska voda odlikuje se specifičnim fizičkim i kemijskim osobinama, među koje ubrajamo naročito slanoću (salinitet ili hlorinitet) i gustoću, sadržaj plinova, temperaturu, osvjetljenje i laku pokretljivost čestica, koja se očituje naročito u pojavi struja, valova i morskih doba.

Uzimanje morske vode iz dubine se vrši s pomoću naročitih crpaca (sl. 3). To su boce obično cilindrična oblika, koje se, otvorene na oba kraja spuštaju na čeličnom užu u određenu dubinu. Nakon toga se po istom užetu spušta »uteg«, koji udarajuć o posebno pero uzrokuje okretanje crpca oko njegove uzdužne osi, i pri tome se on na oba kraja automatski zatvara. Crpac ima sa strane posebne cijevi, u koje se mogu staviti obrtljivi termometri za mjerenje temperature ispod površinskog sloja.



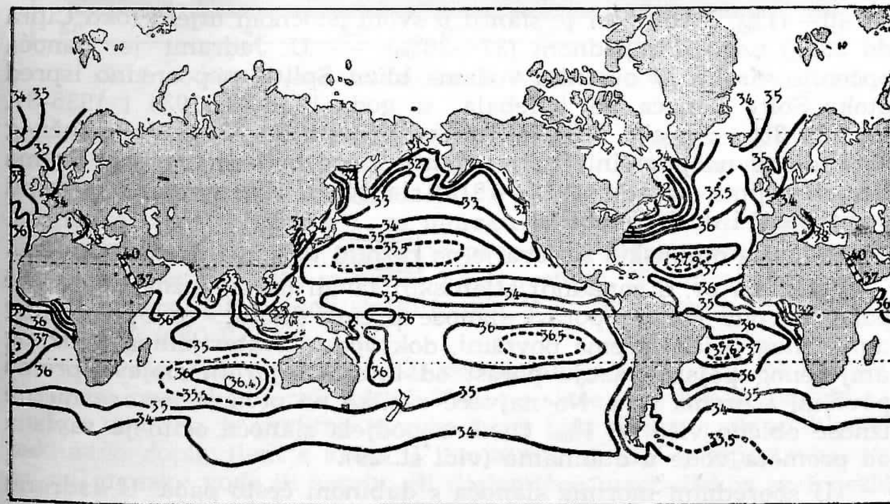
Sl. 3. — Dva tipa obrtljivih boca ili crpaca, koji služe za uzimanje uzoraka morske vode iz dubine. U cijevima crpaca se nalaze obrtljivi termometri, koji služe za mjerenje temperature ispod površine.

S l a n o ć a i g u s t o ć a

Najizrazitije i očito najvažnije svojstvo morske vode je njezina s l a n o ć a. Tri su značajna obilježja morske slanoće: veliki sadržaj soli, specifične komponente i stalan omjer među raznim komponentama soli.

O d r e đ i v a n j e slanoće. Gustoća je funkcija slanoće (pri istoj temperaturi i tlaku) pa se ona može iznaći iz prve spomoću K n u d s e n o v e formule S = 1309 (G—1), u kojoj G = gustoća. No budući da je točno određivanje gustoće spomoću fizikalnih metoda spojeno sa znatnim poteškoćama (str. 25) i traži dosta vremena, određivanje se slanoće općenito vrši direktno kemijskim putem i to metodom t i t r i r a n j a h l o r a spomoću srebrnog nitrata. Metoda potječe od M o h r a, a obradio ju je M. K n u d s e n. Ona se temelji na ispoređivanju množine srebrnog nitrata, koja je upravo dovoljna, da se obore ili vežu (precipitiraju) svi halogeni (hlor, brom i tragovi joda) prisutni u istraživanoj vodi, s onom množinom nitrata, koja je potrebna, da se vežu svi halogeni u jednakom volumenu t. zv. n o r m a l n e v o d e, u kojoj je hlorinitet (str. 25) točno određen. Pod pretpostavkom, da različne konponente soli u moru stoje u stalnom odnosu, iz pronađene množine hloriniteta računa se slanoća po K n u d s e n o v o j formuli: S = 0.03 + 1.805 Cl (K n u d s e n 1901). Dobiveni iznos soli (u ‰) označuje masu (u gr) krutih tvari otopljenih u 1000 gr morske vode pod pretpostavkom, da su sav brom i jod zamijenjeni ekvivalentnim iznosom hlora, da su karbonati pretvoreni u okside, a otopljene organske tvari spaljene. Metoda može odrediti slanoću do točnosti od 0.02‰. — Na osnovu gore navedene formule M. K n u d s e n je izradio tablice (1901), gdje su za sve iznose hloriniteta navedeni pripadni iznosi slanoće.

Metodiku određivanja hlora obrađuju O x n e r i K n u d s e n (1920), M e y e r (1927), M i l o s t (1929) i E r c e g o v i ć (1934).



Sl. 4. — Crte jednake slanoće (izohaline) na površini oceana (B e r g e t).

V e l i k s a d r ž a j s o l i. Sadržaj soli u oceanskoj vodi iznosi prosječno oko 35 gr. u litri vode (t. j. 35‰).

Faktor povišenja slanoće je i s p a r a v a n j e, a faktor sniženja je r a z r e đ i v a n j e spomoću voda, koje potječu od padalina, otopljenih ledenih bregova i slatkovodnih pritoka s kraja. Od tih faktora zavise različiti iznosi slanoće na raznim geografijskim tačkama i u raznim dubinama. Veća kolebanja iznosa soli javljaju se u površinskim nego u dubinskim vodama, mnogo veća u sporednim i naročito zatvorenim morima nego u otvorenim vodama oceana.

U p o v r š i n s k i m vodama oceana slanoća se kreće između 32‰ i nešto iznad 38‰ (Sl. 4.)

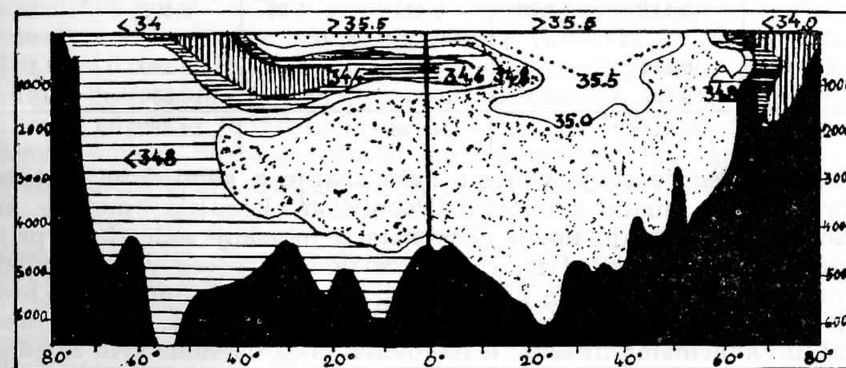
Isparavanje je jako, gdje trajno duvaju topli i suhi vjetrovi, kao u području pasata, između 10° i 30° šir. obiju polutaka, i tu su iznosi slanoće u površinskim vodama najveći. Tako zapadno od Kanarskih otoka, u Sargaskom moru, slanoća iznosi preko 37.5‰. Gdje duvaju vlažni vjetrovi, koji sobom nose oborine, kao u srednjim i višim geografijskim širinama, slanoća iznosi oko 35‰. Gdje padaju obilne oborine uz slabe vjetrove, i isparavanje je slabo, kao između obiju zona pasata, naime u ekvatorijalnom području, slanoća na površini pada ispod 35‰ (35—34‰). Minimalni iznosi dolaze u arktičkim i antarktičkim krajevima radi ledenih bregova, tako u blizini Novaje Zemlje oko 32‰.

Zatvorena mora pokazuju vrlo raznolike iznose i velika kolebanja slanoće. U finskim vodama Baltika slanoća može pasti do iznosa od 2—3‰, a u Perzijskom zalivu i u Crvenom moru može porasti do 40—41‰. Mediteran je slaniji u svom istočnom dijelu (oko Cipra do 39‰) nego u zapadnom (37—38‰). — U Jadranu je slanoća općenito visoka. U obalnim vodama blizu Splita, neposredno ispred otoka Šolte slanoća je kolebala, u god. 1932-33, 1934 i 1936-37, između 36‰ i preko 38‰, a rijetko bi pala do 35‰. Vode južnog Jadrana su na površini znatno slanije nego vode sjevernog. Prema istraživanjima Najade (1912—1915) slanoća u Kvarneru na površini može pasti i do ispod 10‰.

Slanoća dubinskih slojeva je na raznim točkama oceana različna. Tako na pr. u zapadnoj atlantskoj zavali (sl. 5) južne i sjeverne polarne vode kazuju porast slanoće prema dubini, vode sjevernog umjerenog pojasa prema površini, dok vode ekvatorijalnog i južnog umjerenog pojasa kazuju porast od intermedijarnih slojeva prema površini i prema dnu. No najveće razlike na otvorenom oceanu ne iznose obično više od 1‰. Ovakva podjela slanoće očito je zavisna od prometa vode u dubinama (vidi sl. 29).

U sporednim morima slanoća s dubinom često pada. U Jadranu obično s dubinom raste, i pri dnu se iznosi kreću obično između 38.5 i 38.7‰.

S p e c i f i č n e k o m p o n e n t e s l a n o ć e. Analize, koje je D i t t m a r izvršio na 77 uzoraka morske vode, sabranih od ekspedicije C h a l l e n g e r a u svim oceanima, pokazale su, da nema znatnijih razlika u kemijskom sastavu voda raznih mora, osim u područjima jakih razređenja, i da se one odlikuju stalnošću svih v e ć i h komponenata, tj. onih kemijskih elemenata, koji uvijek dolaze u nešto znatnijim količinama. Tablica 1 pokazuje u prvom stupcu iznose tih komponenata, kako ih je našao D i t t m a r, a u drugom stupcu iznose, koji su se preračunanjem dobili iz istih D i t t m a r o v i h podataka na osnovu novijih atomnih težina elemenata (L y m a n et F l e m i n g). Sva kasnija istraživanja, izvršena često mnogo boljim metodama, potvrdila su u suštini D i t t m a r o v e rezultate, kako se vidi iz trećeg stupca tablice 1, gdje su



Sl. 5. — Slanoća u zapadnoj zavali Atlantika. (Po W ü s t u).

izneseni, na osnovu suvremenih istraživanja, apsolutni iznosi svih većih komponenata u morskoj vodi od 19‰ Cl i njihove relativne množine u čitavom iznosu soli.

Kako izlazi iz tablice 1, za morsku je vodu vrlo značajna množina hlorida, koji tvore preko 55 procenata težine svih otopljenih soli, a također i sulfata sa preko 7.5 procenata. Nasuprot tome, karbonati, koji su glavne soli slatkih voda, u moru dolaze u vrlo malim količinama (oko 0.41%).

Činjenica, da u slatkoj vodi prevladavaju karbonati (oko 60%), a sasvim zaostaju hloridi (oko 5.2%), ne slaže se s hipotezom M a c a l l u m a, da je prvotna morska voda bila slatka, i da su hloridi naknadno doplovljeni s kraja. Vjerojatnija se čini pretpostavka, da su soli morske vode ili sasvim ili djelomično magmatskog podrijetla i da im je isti izvor kao i morskoj vodi, naime prvobitna atmosfera zemlje.

Tablica 1

Ion	I Originalni iznosi po DITTMARU		II Iznosi po DITTMARU nakon preračunavanja		III Iznosi suvremenih istraživanja (1940)	
	Cl = 19‰	%	Cl = 19‰	%	Cl = 19‰	%
Cl^-	18.971	55.29	18 971	55.26	18.980	55 04
Br^-	0.065	0.19	0.065	0 19	0 065	0.19
$SO_4^{=}$	2.639	7.69	2 635	7.68	2.649	7.68
$CO_3^{=}$	0 071	0.21	0.071	0 21	—	—
HCO_3^-	—	—	—	—	0 140	0.41
F^-	—	—	—	—	0.001	0.00
H_3BO_3	—	—	—	—	0.026	0.07
Mg^{++}	1.278	3.72	1.292	3.76	1 272	3.69
Ca^{++}	0.411	1.20	0.411	1.20	0.400	1 16
Sr^{++}					0.013	0.04
K^+	0.379	1.10	0.385	1.12	0 380	1.10
Na^+	10 497	30.59	10.498	30 58	10.556	30.61
Ukupno	34.311		34 328		34.482	

U posljednje se je vrijeme naše znanje o kemijskom sastavu morske vode znatno produbilo. Poboljšane kemijske metode su omogućile otkrivanje novih elemenata u morskoj vodi, koji prije nisu bili ustanovljeni. I tako danas znamo, da pored većih komponenata, koje su navedene na tablici 1, morska voda ima veliki broj tzv. m a n j i h komponenata, naime elemenata, koji dolaze u neznatnim količinama ili samo u tragovima tako, da suma svih zajedno ne prelazi 0.02—0.03% od iznosa većih komponenata. Takvih manjih komponenata je ustanovljeno u morskoj vodi ili barem u organizmima, koji u njoj žive, preko četrdeset, a vjerojatno je, da će biti otkriveni još i drugi. Neki su od tih elemenata vanredno važni za život u moru, tako naročito dušik, fosfor, kremik i željezo i njihove količine pokazuju znatnija kolebanja u vremenu i prostoru. Drugi od njih ne pokazuju neposrednijih odnosa prema morskim organizmima i dolaze u približno stalnim množinama. Neki su koncentrirani u znatnijim količinama u tjelesima nekih morskih organizama, tako arsen u nekim moluskima, kobalt u nekim racima, bakar u krvnom pigmentu (hemocianinu) mnogih beskičmenjaka, vanadij u krvi nekih tunikata, stroncij u skeletima nekih radiolarija, a bor u morskim biljkama, koje imaju u pepelu do 1% B_2O_3 (W a t t e m b e r g). Morska voda sadržava u otopini vjerojatno i sve ostale poznate elemente, makar samo u tragovima. Tako se iznos zlata kreće prosječno oko 0.005 mg u toni vode.

O d n o s i m e đ u k o m p o n e n t a m a s l a n o ć e. — Vrlo važna posljedica stalnosti kemijskog sastava morske vode je konstantan

omjer među pojedinim komponentama slanoće. Taj omjer susrećemo s jedne strane između pojedinih komponenata i hloriniteta, a s druge između množine svih otopljenih krutih elemenata (t. slanoće ili saliniteta) i hloriniteta. Pod h l o r i n i t e t o m (Cl) mislimo na masu hlora ekvivalentnu masi halogena (hlora, broma i joda), koji su otopljeni u kilogramu morske vode i obaraju se (precipitiraju) spomoću srebrnog nitrata ($AgNO_3$). Odnos između težina hloriniteta (halogena, Cl) i srebra (Ag), koje je potrebno za njegovo obaranje, određen je formulom: Cl ‰ = 0.3285234 Ag. Omjeri između pojedinih komponenata soli i hloriniteta su slijedeći: Cl^- : Cl (t. j. hlorid : hlorinitetu) = 0.99894; $SO_4^{=}$: Cl = 0.1394; HCO_3^-: Cl = 0.00735; Br^- : Cl = 0.00340; F^- : Cl = 0.00007; H_3BO_3 : Cl = 0.00137; Na^+ : Cl = = 0.5556; Mg^{++} : Cl = 0.06695; Ca^{++} : Cl = 0.02106; K^+ : Cl = = 0.02000 i Sr^{++} : Cl = 0.00070. — Odnos između sume svih komponenata, tj. slanoće (S) i hloriniteta (Cl) izražen je formulom S ‰ = 0.030 + 1.8050 Cl %. Ovaj omjer omogućuje, da iz hloriniteta, koji se može lako ustanoviti titriranjem spomoću srebrnog nitrata ($AgNO_3$), izračunamo čitav iznos slanoće (str. 21). Jednoličnost odnosa među pojedinim komponentama slanoće održava se djelovanjem struja. Ona govori za jedinstveno podrijetlo svih oceana.

Očevidno je, da u zatvorenim morima, koja stoje pod velikim utjecajem kopna, pravilnost odnosa među pojedinim komponentama soli može biti u izvjesnoj mjeri poremećena. Tako postoje vrlo lagane razlike u Mediteranu, a veće u Crnom moru. Naročito znatne razlike pokazuje Kaspijsko more, gdje količina NaCl, mjesto 77.76% — koliko ga je u oceanskoj vodi — iznosi samo 62.15%, dok množina $MgSO_4$ iznosi 23.58% prema 4.73¹/₄ u oceanskoj vodi (L e b e d i n c e v prema E k m a n u 1935).

F o r m u l e za priređivanje vještačke morske vode na strani 191.

G u s t o ć a m o r s k e v o d e. Gustoća je u prvom redu funkcija slanoće, a zatim temperature i tlaka. Ona je zbog visokog sadržaja soli kod morske vode znatno viša nego kod slatke.

O d r e đ i v a n j e gustoće moguće je spomoću: a) vaganja, b) areometra (densimetra), c) električne provodljivosti i d) interferometra (mjerenjem t. zv. indeksa refrakcije). No svaka od tih metoda ima svoje nedostatke. Vaganje traži relativno dosta vremena i nije praktično u serijskom radu, kakav se često vrši u oceanografiji. Određivanje gustoće spomoću običnih areometara podvrgnuto je znatnim netočnostima i griješkama. Za točnije mjerenje gustoće putem električne sprovodljivosti potrebni su skupi aparati i više vremena, a slično vrijedi i za optičko određivanje spomoću interferometra. Budući da je gustoća funkcija slanoće, temperature i tlaka, može se odrediti indirektno iz ove tri poznanice, i takvo određivanje je u serijskom radu najpraktičnije i najviše se upotrebljava. Brzo iznalaženje gustoće morske vode iz spomenutih triju poznanica vrši se prema K n u d s e n o v i m formulama i tablicama (1901).

Odnos gustoće (G) do slanoće (S) izražen je formulom S = 1309 (G-1). Na pr. ako voda ima slanoću 35.604‰, gustoća pri 17,5° C (tlak = 1 atm.) iznosi

1.0272. Po ovoj formuli se može odrediti gustoća morske vode, ako su poznati temperatura i tlak. Na istoj formuli osnivaju se podaci Knudsenovih tablica.

Razlikujemo normalnu i stvarnu gustoću. Kao normalnu (S^0_4) shvaćamo omjer između težina jednakog volumena morske vode pri 0°C i slatke vode pri 4°C, obje pod jednakim tlakom. Prema tome normalna gustoća je isključivo funkcija slanoće, i ona s njezinim porastom raste, a s padom pada. Za morsku vodu od 25‰ slanoće S^0_4 iznosi 1.02812 (pod tlakom jedne atmosfere, t. j. na pučini oceana).

Normalna gustoća se može označiti i znakom σ^0 (sigma), i tada se broj, koji označuje gustoću, skraćuje tako, da se jedinica ispred decimalne tačke i ništica iza nje izostave, jer su stalne za sve gustoće morske vode, a decimalna tačka se premjesti za tri mjesta na desno. Tada brojke ispred decimalne tačke označuju cijele tisućinke. Prema tome za vodu od 35‰, mjesto pisati: S^0_4 = 1,02812 piše se 28.12. Čita se: jedan cijeli i 28 tisućinki.

Stvarna gustoća (ili gustoća in situ) omjer je između težine nekog volumena vode (na pr. 1 kcm) pri određenoj temperaturi i tlaku i jednakog volumena vode pri 4°C i tlaku od 0 atm. Ona se bilježi znakom S^t_4 ili σ^t. Stvarna gustoća morske vode iste slanoće raste s porastom tlaka i s padom temperature. No pri tom je temperatura mnogo važnija za gustoću nego tlak. — Gustoća površinskih voda oceana koleba između 1.02750 i 1.02100 (27.50 i 21.00). Najveća je u područjima ledenih mora, a najmanja oko ekvatora.

Zbog različnih gustoća razlika u visini razina polarnih i ekvatorijalnih voda iznosi oko dva metra i ona je jedna od faktora površinskog strujanja. — Kako se stvarna gustoća morske vode raznih slanoća (pri tlaku od 0 atm.) mijenja s porastom ili padom temperature, može se čitati u Knudsenovim tablicama. — Maksimum gustoće morske vode kod raznih slanoća dolazi pri raznim temperaturama. Voda od 17‰ S ima maksimum gustoće pri 0° C, a vode s većom slanoćom imaju maksimum gustoće pri temperaturama ispod 0° C. Voda od 35‰ S ima maksimum pri —3°52 C. No kako se voda od 35‰ smrzava već pri circa —2° C, maksimum gustoće morske vode se u prirodi nigdje ne ostvaruje, jer se voda prije smrzava.

Stvarna gustoća raste također i s tlakom vode. On u moru raste za svakih približno deset metara za jednu atmosferu, tako da u najvećim dubinama iznosi nešto preko 1.000 at. Voda pod tlakom pokazuje izvjestan koeficijenat stlačljivosti (kompresibiliteta), koji je različit za različne slanoće i temperature, no za morsku vodu iznosi prosjekom 0.000045 za svaku atmosferu. Zbog stlačljivosti stvarna gustoća morske vode raste s tlakom, dakle s dubinom. Uzmemo li u račun koeficijenat stlačljivosti, voda od 35‰ S i 0° C imat će u raznim dubinama razne gustoće prema tablici 2

Tablica 2

0 m	100 m	1 000 m	5.000 m	10.000 m
1,0281	1,0286	1,0326	1,0506	1,0776

Stoga je litra vode od 35‰ S u dubini od 10.000 m približno 50 gr teža nego litra iste vode na površini.

Srednja stvarna gustoća mora iznosi oko 1,040.

Stvarna je gustoća morske vode vrlo važna u dinamici mora, jer njezine razlike izazivlju gibanja vode, pa se stoga ona naziva i »dinamička gustoća« za razliku od normalne ili »statičke«.

Utjecaj slanoće na ostala fizička svojstva morske vode. Zbog prisustva soli morska voda je otopina i ima sva fizička svojstva otopina, naime: sniženje ledišta i povišenje vrelišta, molekularnu koncentraciju i osmotsku vrijednost, sniženje toplinskog kapaciteta (specifične topline), povišenje unutrašnjeg trenja (viskoznosti), električne provodljivosti, indeksa refrakcije i površinske napetosti.

Slanoća snizuje temperaturu ledišta, a povisuje temperaturu vrelišta. Temperature ledišta i vrelišta za razne slanoće očite su iz tablice 3.

Tablica 3

S ‰	0	10 ‰	20 ‰	30 ‰	35 ‰
Ledište	0	—0.53	- 1,07	—1,63	—1,91
Vrelište	100	100,16	100,31	100,47	100,56

Slanoća izravno utječe na molekularnu koncentraciju odnosno osmotsku vrijednost (tlak) u morskoj vodi.

Molekularna je koncentracija, koja direktno određuje osmotsku vrijednost, ukupni broj molekula u jedinici volumena vode, bez obzira da li su one organske prirode ili otopljenih soli. Ona se određuje spomoću krioskopa, čija se upotreba temelji na navedenoj zakonitosti, da s povećanjem koncentracije soli otopine pada i njeno ledište (l). Zato se iz toga može izračunati molek. koncentracija odnosno osmotski tlak (O), i to po formuli: O = 12.03 × l.

Krioskop mjeri totalnu koncentraciju otopine. Ako se spomoću električne vodljivosti ustanovi koncentracija (anorg.) soli, razlika totalne koncentracije i koncentracije soli daje koncentraciju organskih molekula.

Tablica 4 pokazuje osmotske vrijednosti (0, u atmosferama) za vode raznih slanoća.

Tablica 4

S ‰	5	10	15	20	25	30	35	40
0 at.	3,23	6,44	9,69	12,98	16,32	19,67	23 12	26,59

Za svaki 1‰ S vrijednost tlaka raste približno za ⅔ atm. Utjecaj temperature na osmotski tlak je malen.

Slanoća snizuje toplinski kapacitet ili specifičnu toplinu. Dok spec. toplina — tj. količina topline, koja je potrebna, da povisi toplinu jednog grama neke tvari za 1° C — za kemijski čistu vodu iznosi 1.0, za suhi uzduh je 0,24, a za morsku vodu od 35‰ 0,93.

Slanoća povisuje viskoznost ili unutrašnje trenje među česticama.

Ako za čistu vodu koeficijenat viskoznosti iznosi 100, za morsku vodu od 20‰ S (pri istoj temperaturi) iznosi 103.2, a za vodu od 35‰ S 105,2. — S porastom temperature viskoznost jako pada. Pri 10° C (S = O) je 78,5, pri 20° 61.1, a pri 30° 49.1.

Slanoća smanjuje toplinsku, a jako povećava električnu provodljivost.

Poznato je, da je toplinska provodljivost čiste vode vrlo malena, oko 120 puta manja od željeza. Kod morske vode od 35‰ S približno je za 4% još manja. — Radi vrlo niske toplinske provodljivosti prenošenje topline direktno provodljivošću od morske površine prema donjim slojevima posve je neznatno.

Soli u morskoj vodi rastavljene su u električki pozitivno nabite katione i negativno nabite anione. Ionizacija soli jako povećava električnu provodljivost, a stoga između množine soli i stepena električne provodljivosti postoji direktan omjer, koji omogućuje, da se iz provodljivosti nađe gustoća odnosno slanoća morske vode.

Utjecaj je temperature na električnu provodljivost velik.

Slanoća povećava indeks refrakcije.

Između kuta upada (i) i kuta loma (r) zraka svijetla postoji stalan omjer, koji se izriče formulom: $\sin i = n \sin r$. Ovaj omjer se naziva indeks refrakcije. On je kod raznih tekućina različit, (kod stalne temperature), ali uvijek veći od 1. Kod iste tekućine s porastom slanoće raste, a s porastom temperatura pada. Tako dest. voda (pri 0° C) ima indeks refrakcije 1.33308, a morska od 35‰ S ima indeks 1.33981. Stoga indeks refrakcije može poslužiti za određivanje gustoće (slanoće) morske vode.

Konačno slanoća povećava površinsku napetost vode.

Zbog toga more isparuje sporije od slatke vode. Brzina isparavanja zavisi od raznih drugih faktora: od temperature, stepena vlažnosti i gibanja zraka.

Literatura:

BRUJEVIČ S. W. (1933), Methods of chemical Oceanography. Oceanogr. Institut No 8, Moscow. — CLOSS K. (1931), Über das Vorkommen des Jods im Meer und in Meeresorganismen. Morten Johansen, Oslo. BULJAN M. (1948), L'élimination des ions sulfhydriques au cours du dosage de la salinité. Acta adriatica III, 2. — DITTMAR W. (1884), Report on the scientific results of the voyage of Challenger. Physics and chemistry, T. I. — ERCEGOVIĆ A. (1934), Istraživanja o temperaturi, salinitetu, kisiku i fosfatima jadranskih voda srednjodalmatinske obale. Prir. istraživanja Jugosl. sv. 19, Zagreb. — KNUDSEN M. (1901), Hydrographical tables, Copenhagen. — KRÜMMEL O. (1911), Handbuch der Ozeanographie, Stuttgart. — MEYER P. (1927), Bemerkungen zur Chlortitrierung an Bord. Veröffentl. d. Inst. f. Meereskunde, Berlin, H. 17. — MILOST P. (1929), Modificazioni tecniche al processo clorometrico di KNUDSEN nell'analisi dell'acque salate e salmastre. R. com. tal. ital. Mem. 151. — LYMAN J. et FLEMING R. (1940), Composition of sea water. Journ. Mar. Res. 3, 134. — OXNER M. et KNUDSEN M. (1920), Cloruration par la méthode Knudsen. Bull. Comm. intern. pour l'exploration de la mer Méditerr. No 3, Monaco. — SCHUMACHER A. (1932), Graphische Ermittlung σt aus Temperatur und Salinität. Anal. der Hydrogr. usw. Jahr. 50. — WATTEMBERG H. (1931), Der chemische Aufbau des Atlantischen Ozean. Finska kemist. Meddelande, No 2. IDEM (1938), Zur Chemie des Meerwassers. Über die in Spuren vorkommenden Elemente. Zeitschr. f. anorg. u. allgem. Chemie, Bd. 236.

Plinovi (gasovi) u moru

Od plinova, otopljenih u moru, dva su najviše važna za morski život: ugljični dioksid ili ugljična kiselina i kisik. Prvi je uvjet izgrađivanju organske tvari, iz koje se sastoje tjelesa morskih organizama, a drugi njezinu pretvaranju i razaranju.

Ugljična kiselina

Pod ugljičnom kiselinom razumijevamo anhidrit ugljične kiseline, t. j. plin ugljični dioksid (CO_2), kao i anhidrit hidratiziran, t. j. spojen s vodom (H_2CO_3).

Otapanje ugljičnog dioksida u morskoj vodi. Poput ostalih atmosferskih plinova i ugljični dioksid se otapa u morskoj vodi.

Atmosferski uzduh sadržava oko 0.3 kub. cm ugljičnog dioksida u litri odnosno oko 0,03% od iznosa svih plinova. Njegov parcialni pritisak iznosi tri desetisućinke atm. (3.10^{-4},) a to odgovara stupcu žive od 0.23 mm. Djelovanjem kompenzacijskih faktora umnožavanja (organske oksidacije, vul-

kanske ekshalacije) i potrošnje (otapanje silikata i karbonata, fotosinteza) kao i zbog regulatornog djelovanja morske vode (str. 38) tlak ugljičnog dioksida u atmosferi ostaje približno stalan.

Množina ugljičnog dioksida, koja se otapa u moru, zavisi, prema H e n r yjevu zakonu, od njegove koncentracije, odnosno od tlaka u atmosferi, i od apsorpcionog koeficijenta morske vode, koji pada s porastom temperature i slanoće, prema tablici 5

Tablica 5

T° C	0	10	20	30
S 0‰	1.713	1.194	0.878	0 665
S 36‰	1.435	1.009	0.755	0.581

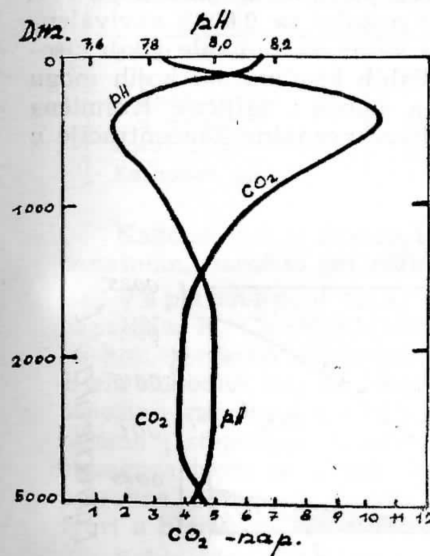
Procenat ugljičnog dioksida u slatkoj i morskoj vodi nekoliko je puta veći nego u atmosferi. I njegov je apsolutni iznos — u temperaturnim granicama nižim od 15° C — viši u vodi nego u atmosferi, t. j. litra slatke ili morske vode (kod temperatura manjih od 15°) sadržava znatno više ugljičnog dioksida nego litra atmosferskog uzduha (tablica 6, po B. S c h u l z u).

Tablica 6

T° C		Apsolutni iznos CO_2 cm³/l	%-ni iznos plinova
Atmosfera	0°	0.3	0.03
Slatka voda	0°	0.51	1.7
	20°	0 26	1.3
Morska voda S 35 ‰	0°	0.44	1.9
	20°	0.23	1.4

Dok je ugljični dioksid na površini mora približno u ravnoteži s atmosferom, dotle zbog asimilacijskog djelovanja bilja te oksidacijskih procesa svih organizama razni slojevi oceana pokazuju različne napetosti (sl. 6). Ona lagano pada od površine do nekih pedesetak m dubine (zbog asimilacije bilja), a onda opet raste i pokazuje najviše iznose između 500 i 1000 m. Poslije toga dolaze niži konstantni iznosi, koji su nešto viši od onih na površini. Pri samom dnu nastaje opet lagani porast.

S l o b o d n a, v e z a n a i c j e l o k u p n a u g l j i č n a k i s e l i n a. Ugljični dioksid se u vodi djelomično hidratizira, t. j. vezuje se s vodom u ugljičnu kiselinu po formuli: $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$. Dio molekula ugljične kiseline cijepa se u vodikove i bikarbonatne ione prema shemi: $H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^-$, a bikarbonatni ioni se djelomično raspadaju u vodikove i karbonatne ione prema shemi $HCO_3^- \rightleftarrows H^+ + CO_3^=$. Zbog ovih procesa u vodi ima pored plinovitog ugljičnog dioksida također vodikovih, karbonatnih i bikarbonatnih iona. Ova su četiri elementa f a k t o r i u g l j i č n e k i s e l i n e u moru, i oni su među sobom zavisni te stoje u pravilnoj reversibilnoj ravnoteži, koja se naziva r a v n o t e ž a u g l j i č n e k i s e l i n e u moru. Zbog te ravnoteže prijelazom plinovitog ugljičnog dioksida u H_2CO_3 i dalje u bikarbonatne i karbonatne ione u vodi se otapa nov iznos ugljičnog dioksida, a posljedica je toga, da voda sadržava ukupno daleko veće iznose toga plina, nego što ga može otopiti po H e n r y jevu zakonu. Morska voda od 30‰ S kod 20° C sadržava u plinovitom stanju samo 0.23 cm³ ugljičnog dioksida, a to je s l o b o d n a ugljična kiselina. Ipak morska voda sadržava daleko veće iznose ugljičnog dioksida vezanog u obliku bikarbonata (HCO_3^-) i karbonata ($CO_3^=$), a to je v e z a n a ugljična kiselina. Suma slobodne i vezane daje c j e l o k u p n u ugljičnu kiselinu u moru.



Sl. 6. — Primjer podjele pH i CO_2-tlaka (u 10^{-4} atm.) u srednjim širinama Atlantika (W a t t e m b e r g).

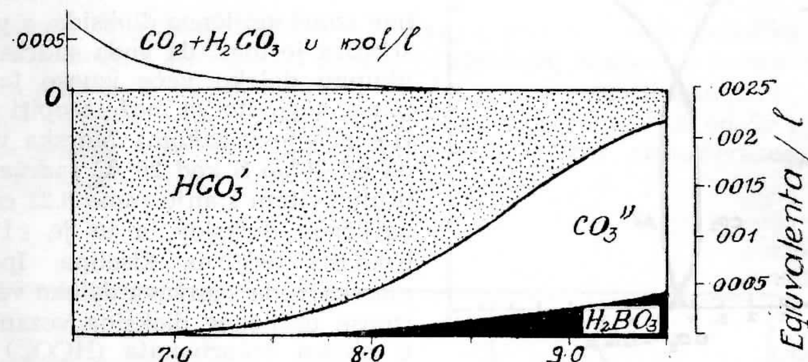
Da morska voda sadržava mnogo veći iznos vezane nego slobodne ugljične kiseline, možemo se lako uvjeriti. Ako vodi, na pr. od 20° C i 35‰ S, dodamo u dovoljnoj mjeri solne kiseline, te grijanjem ili pumpanjem tjeramo iz nje ugljični dioksid i čitav iznos tog plina mjerimo gazometričkim putem ili spomoću otopine barijeva hidroksida, ustanovit ćemo iznos od nekih 48 cm³ ugljičnog dioksida, dakle oko 200 puta više, nego ga voda otapa po H e n r y j e v u z a k o n u.

Zbog ravnoteže ugljične kiseline u moru kvantitativne promjene kojeg od njezinih faktora izazivaju promjene drugih, pa se iz iznosa jednih mogu ustanoviti iznosi drugih (sl. 7).

A l k a l i n i t e t i l i v i š a k b a z a u m o r s k o j v o d i. Kao alkalinitet morske vode smatramo iznos baza, i to uglavnom kalcija, koji je vezan s ugljičnom kiselinom tvoreći karbonate, ili bikarbo-

nate, ili ekvivalentni iznos sume karbonata i bikarbonata odnosno vezane ugljične kiseline. Alkalinitet je prva važna posljedica otapanja ugljične kiseline u morskoj vodi.

Soli otopljene u morskoj vodi su elektroliti, a njihovi kationi su svi odreda radikali jakih baza (natrij, kalcij i magnezij), dok anioni kiselih radikala potječu koje od jakih kiselina (hloridi, sulfati), a koje od slabih (karbonati, fosfati, borati). Suma kationa j a k i h baza ($Na^+ + K^+ + Ca^{++} + Mg^{++}$) veća je od sume aniona j a k i h k i s e l i n a ($Cl^- + Br^- + J^- + SO_4^=$) nekako za 0.0023 ekvivalenta. Budući da ovaj v i š a k b a z a nije vezan za radikale jakih kiselina, mora da je vezan za radikale slabih kiselina, od kojih mogu doći u račun samo kremična, fosforna, borna i ugljična. Kremična i fosforna ne dolaze u račun radi njihove neznatne koncentracije u



Sl. 7. — Promjene u kemijskom sastavu oceanske vode, koje nastaju s promjenama koncentracije vodikovih iona (između 7.0 i 9.5 pH) pri temperaturi od 16°C, slanoći od 36‰ i alkalinitetu od 0.00246 ekvival. u litri (H a r v e y).

moru. Borna dolazi samo malo u račun, jer je to vrlo slaba kiselina. To znači, da je višak baza vezan ponajviše na ugljičnu kiselinu tvoreći karbonate i bikarbonate. D i t t m a r, smatrajući ovaj višak baza neposrednim uzrokom alkalne reakcije morske vode, nazvao ga je a l k a l i n i t e t o m. Prema tome je alkalinitet dio jakih baza, koji je vezan uz ugljičnu kiselinu, odnosno ekvivalentni iznos sume karbonata i bikarbonata.

Budući da morska voda od 35‰ S sadržava u litri oko 4.7 mg bora u obliku borne kiseline, alkalinitet obuhvaća i mali dio baza, koji je vezan uz bornu kiselinu, i ovaj dio alkaliniteta je b o r a t n i a l k a l i n i t e t. Kud i kamo najveći dio viška baza, koji je vezan

uz ugljičnu kiselinu, naziva se k a r b o n a t n i alkalinitet. Odnosi boratnog i karbonatnog alkaliniteta (miliekvival. u l.) pri koncentracijama vodikova iona (H^+), koje normalno dolaze u morskoj vodi, (kod $T = 0^0$ C i $S = 35‰$), očiti su iz tablice 7 (B u c h e t a l i i 1932).

Tablica 7

pH	7.6	7 8	8 0	8.2	8.4
Borat. alkal. u miliekviv.	0.02	0 03	0 05	0 08	0 11
Karbon. alkal. u miliekv.	2.38	2 36	2 35	2 32	2 29
Borat. alkal. / Karbonat. alk.	1/119	1/79	1/47	1/29	1/20

Kako se vidi iz tablice, iznos je boratnog alkaliniteta prema karbonatnom, naročito pri nižima pH, više manje neznatan.

V a p n e n a c u m o r s k o j v o d i. Od četiri radikala jakih baza (Na, K, Ca, Mg) u alkalinitetu dolazi malne isključivo kalcij, uz koji je vezan cjelokupni iznos ugljične kiseline — osim malog dijela slobodne, koji ne iznosi nikada ni 0.5 cm³ — u obliku vapnenca. Množinu vapnenca u moru izražavamo apsolutnim ili relativnim iznosima i stepenom zasićenosti. Apsolutni iznos ili koncentracija vapnenca može se izraziti količinom solne kiseline (u cm³), koja je potrebna, da sve karbonate i bikarbonate u litri morske vode pretvori u hloride.

Solna kiselina, dodana u dovoljnom iznosu morskoj vodi, koja sadržava otopljene soli ugljične kiseline, pretvara ih u hloride i pri tom oslobađa svu vezanu ugljičnu kiselinu po formuli $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$. Stoga količina solne kiseline, izražena u cm³ ili u miliekvivalentu, potrebna, da sve karbonate u litri vode pretvori u hloride, služi kao mjera apsolutnog iznosa ugljične kiseline odnosno otopljenog vapnenca.

Litra atlantske vode treba za otapanje karbonata i bikarbonata 2,34—2,42 cm³ konc. solne kiseline. Njezin alkalinitet iznosi 2,34—2,42 miliekvivalenta, t. j. apsolutni iznos vapnenca kreće se između 117 i 122 mg u litri oceanske vode. — Iznosi vapnenca u jadranskoj vodi splitske okolice pred otokom Šoltom (St. D) kretali su se u godini 1934. između 126 i 131 mg. Iznosi su nešto viši zimi nego ljeti, a isto tako prema dnu nego na površini (E r c e g o v i ć).

R e l a t i v n a množina vapnenca izriče, koliko je grama vapnenca sadržano u jednom kilogramu soli.

Atlantska voda sadržava poprečno u gornjim slojevima oko 3.4 gr vapnenca na 1 kg soli, a jadranska voda iz splitske okolice,

u godini 1934., između 3.3 i 4.8 gr (E r c e g o v i ć). Na smanjenje relativnog iznosa vapnenca utječu vapnenački organizmi, koji dio vapnenca troše za izgradnju svojih tjelesa.

U biologijskom izučavanju važno je poznavanje s t e p e n a z a s i ć e n o s t i morske vode na vapnencu. Stepen zasićenosti izriče, da li i koliko (u %) morska voda sadržava u otopini vapnenca više odnosno manje od količine, što je normalno otapa pri određenim uvjetima, koji utječu na otapanje (množina CO_2, slanoća, temperatura i tlak).

Topljivost vapnenca raste s porastom množine ugljičnog dioksida i tlaka, zatim s padom temperature i slanoće. Zbog utjecaja biologijske i fizičke prirode voda može da sadržava više ili manje otopljenog vapnenca, nego odgovara količini ugljične kiseline, veličini tlaka i iznosima soli i temperature, i radi toga može biti prezasićena ili nezasićena vapnencom. Površinske su vode svih oceana prezasićene. U toplim vodama tropa i subtropa vode sadržavaju više od trostrukog iznosa vapnenca (preko 300%), koji odgovara zasićenosti (100%). No u dubinama od 100 m pa na niže zasićenost pada ispod 100%. Prezasićenost površinskih slojeva potječe od činjenice, što se u vodama, koje su cirkulacijom dospjele na površinu, mijenjaju faktori, koji djeluju na otapanje vapnenca. Dok temperatura raste, tlak i iznos CO_2 (radi asimilacije bilja u površinskim vodama) padaju. Porast temperature i pad tlaka i iznosa ugljičnog dioksida djeluju na smanjenje topljivosti vapnenca. Budući da i pored jako smanjene topljivosti množina vapnenca u apsolutnom iznosu ostaje ista, javlja se visok porast zasićenosti. Tu se vapnenac nalazi u metastabilnom stanju, a ne obara se radi nedostatka kristalizacijskih jezgra.

Uloga vapnenca u geokemiji mora izvanredno je važna. To se očituje već u činjenici, što — prema rezultatima C h a l l e n g e r o v e ekspedicije — dubokomorski talozi sadržavaju prosječno oko 32% vapnenca. Među njima sam globigerinski mulj, koji pokriva oko 128 milijuna km² površine morskog dna, sadržava osjekom oko 65% vapnenca (W a t t e m b e r g).

Važna uloga vapnenca kao stabilizatora reakcije morske vode i regulatora ugljične kiseline u uzduhu pokriva se, uglavnom, s ulogom karbonata i bikarbonata (str. 38).

K o n c e n t r a c i j a v o d i k o v i h i o n a (H^+, i o n s k a r e a k c i j a) ili pH m o r s k e v o d e. Vodikov ion u morskoj vodi također je jedan od faktora ugljične kiseline, jer je i on proizvod njezina cijepanja (disocijacije). Vodikov ion odnosno disocijacija ugljične kiseline uvjet je alkalnoj reakciji morske vode, i ovo je treća važna posljedica otapanja ugljičnog dioksida u moru.

Kiseline, baze i soli, otopljene u vodi, vode električnu struju i stoga se nazivlju e l e k t r o l i t i. Dio molekula elektrolita je pocijepan ili d i s o c i r a n, u ione, koji su pozitivno (kationi) ili negativno (anioni) električki nabiti i aktivno sudjeluju u kemijskim reakcijama. Tako dio molekula natrijeve lužine (Na OH) disocira u pozitivni kation bazičkog radikala natrija (Na^+) i negativno nabijen hidroksil-anion (OH^-). S t e p e n d i s o c i j a c i j e, t. j. omjer između koncentracije disociranih (aktivnih) molekula i zbroja svih, disociranih i nedisociranih molekula zajedno, raste s razrjeđivanjem otopine, a zavisi od j a k o s t i elektrolita. Ovaj omjer (d i s o c i j a c i j s k a k o n s t a n t a) iznosi kod jakih kiselina (HCl, H_2SO_4) i jakih baza (NaOH, $Ca/OH/_2$, $Mg/OH/_2$) približno 1, dok je kod slabih kiselina (H_3BO_3, H_2CO_3) i slabih baza (NH_4OH) daleko ispod 1. Tako kod ugljične kiseline $\frac{(H^+)HCO_3^-)}{(H_2\ CO_3)} = 0.00000022$ ili 2.2×10^{-7} (W a t t e m b e r g), dakle preko 4.5 milijuna puta manji nego kod NaOH.

I čista voda se vlada kao elektrolit, ali vrlo slab, jer pri 23° C na jednu aktivnu (disociranu) molekulu dolazi deset milijuna nedisociranih. Drugim riječima u čistoj vodi koncentracija H^+ odnosno OH^- iona iznosi $\frac{1}{10\ \text{milij.}}$ ili $\frac{1}{1.10^7}$ (ili $1 \cdot 10^{-7}$).

U čistoj vodi i u svakoj vodenoj otopini elektrolita umnožak koncentracija H^+ i OH^-, izraženih u gramekvivalentu, t. j. gramekvivalent $H^+ \times$ gramekvivalent OH^- (ionski produkat) pri istoj je temperaturi konstantan, bila otopina kisela ili alkalna, a zavisi samo od temperature, prema tablici 8 (H a r v e y).

Tablica 8

Pri T° C	ionski produkt
15	0.46×10^{-14}
20	0.86×10^{-14}
23	1.0×10^{-14}
25	1.2×10^{-14}
30	1.8×10^{-14}

Radi toga u svakoj vodenoj otopini elektrolita pri određenoj temperaturi koncentracija H-iona je određena koncentracijom OH-iona i obrnuto. Ako na pr. koncentracija H-iona, pri 20° C iznosi 0.86×0^{-5} koncentracija OH-iona iznosi $\frac{0.86 \times 10^{-14}}{0.86 \times 10^{-5}} = 1.10^{-9}$. Budući da je koncentracija H^+ odnosno OH-iona uvijek manja od 1, izričemo je negativnim eksponentom (baze 10). Da se pojednostavi ovakav način izražavanja, S ö r e n s e n, a poslije njega i drugi općenito izriču koncentraciju H^+, odnosno OH^- logaritmom recipročne vrijednosti $H^+(OH^-)$ i zato je uveden znak pH. Na mjesto da se kaže $H = 1.10^{-7}$, kaže se $pH = \log \frac{1}{1.10^{-7}} = \log 1 - \log 1.10^{-7} = 7$.

U svakoj vodenoj otopini koncentracija H^+, t. j. iznos pH odlučuje reakcijom otopine (= ionička reakcija). Ako $H^+ = OH^- = 10^{-7}$ (pH = 7) kao kod kemijski čiste vode, reakcija je neutralna. Otopina, u kojoj je $H^+ > 1 \cdot 10^{-7} > OH^-$ (pH $< 7 \cdot 0$), ima kiselu reakciju. Ona, u kojoj je $H^+ < 1 \cdot 10^{-7} < OH^-$ (pH $> 7 \cdot 0$), ima alkaličnu reakciju.

Alkalična reakcija morske vode posljedica je soli ugljične kiseline, koje su u njoj otopljene, dakle poglavito vapnenca. Budući da su te soli složene od radikala jakih baza i radikala slabe ugljične kiseline, u vodenoj otopini hidroliziraju, t. j. anioni ovih soli, naime HCO_3^- i $CO_3^{=}$ spajaju se s kationima H^+ vode u slabo disociranu ugljičnu kiselinu. Posljedica je toga: malo slobodnih H^+ u otopini. Naprotiv kationi kalcija —Ca^{++}— i hidroksil-ioni — OH^- — vode ostaju slobodni, jer je $Ca(OH)_2$ jaka baza. Posljedica je toga: više OH nego H-iona u otopini. I tako je prisutnost karbonata i bikarbonata odnosno njihova hidroliza uzrok, što u morskoj vodi OH-ioni prevlađuju nad H-ionima i da morska voda kazuje alkalnu reakciju (pH > 7).

Iznosi pH na površini oceana i sporednih mora kreću se obično između 8.0 i 8.30. U dubinama pH pada, a najniži iznosi u velikim dubinama obično ne idu ispod 7.70.— Iznosi u obalnim vodama srednjeg Jadrana kretali su se u g. 1934. između 8.15 i 8.30 (Ercegović).

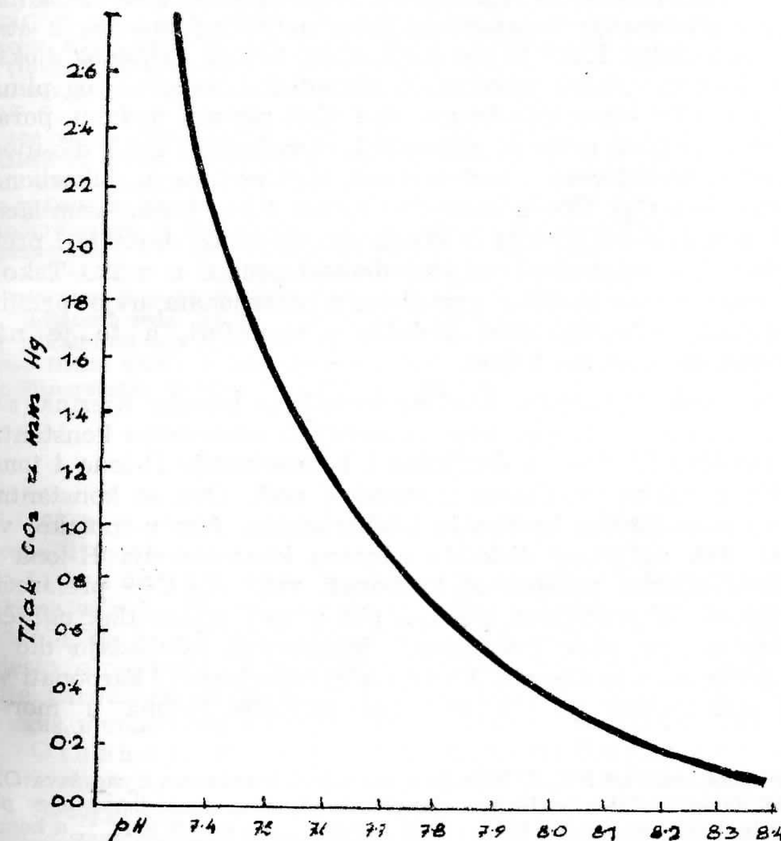
Određivanje ravnoteže ugljične kiseline u morskoj vodi. Empiričko određivanje pojedinih faktora ugljične kiseline u morskoj vodi predstavlja znatne i katkada upravo nesavladive tehničke poteškoće, osobito u serijskom radu, kakav je često potrebit u oceanografiji i u oceanografijskoj biologiji. Nasuprot tome, suma karbonata i bikarbonata, t. j. alkalinitet, i koncentracija H-iona, t. j. pH, mogu se u svakom slučaju relativno brzo i lako odrediti spomoću dobro obrađenih metoda indikatora.

Za određivanje koncentracije vodikova iona u morskoj vodi upotrebljava se metoda po Palitzschu (1912) i metoda po Mc Clendonu (1917). Metode se sastoje u tome, da se istraživanim primjercima morske vode dodaju indikatori, pa se tako dobivene boje uspoređuju s bojama serije otopina (»pufera«), kojima je dodan isti indikator i kojemu je pH poznat. Mc Clendon je za pufer-otopine upotrebljavao natrijev borat i borovu kiselinu, a za indikatore modri ksilenol i modri timol. Ova metoda se čini od svih kolorimetrijskih najbolja, jer se puferima dodaju približno iste množine natrijeva hlorida, kolike su u istraživanoj vodi, i tako se »griješka« soli svodi na minimum. Njezin je nedostatak u tome, što se pri nižim temperaturama sol kristalizira iz otopina. Kod obrađivanja dobivenih rezultata treba korigirati također »griješke« temperature i indikatora. Metoda Mc Clendona omogućuje točnost mjerenja pH u iznosu od $\pm$ 0.02.

Kolorimetrijsko mjerenje alkaliniteta vrši se po metodi Wattemberga, koja je poslužila i u istraživanjima ekspedicije Meteora. Metoda se sastoji u određivanju iznosa solne kiseline poznatoga titra, koja je

upravo dovoljna, da sve karbonate prisutne u vodi pretvori u hloride. Prednost metode je u tome, što se kod analiziranja isključuje prisutnost atmosferskog ugljičnog dioksida.

Dok je empirično određivanje tlaka i koncentracije ugljičnog dioksida, zatim karbonata i bikarbonata spojeno s vrlo znatnim poteškoćama, indirektno iznalaženje ovih faktora moguće je iz poznavanja ravnoteže ugljične kiseline. Budući da ta ravnoteža zavisi također od temperature i slanoće vode, i da



Sl. 8. — Odnos između iznosa pH i tlaka CO_2 u morskoj vodi pri 20°C (po Mc Clendonu).

su iznosi i tlak ugljičnog dioksida u vodi upravo proporcionalni koncentraciji H-iona, a obrnuto proporcionalni iznosu pH (sl. 8), i budući da je suma $HCO_3^- + CO_3^{=}$ ekvivalentna alkalinitetu, moguće je iznaći sve faktore ravnoteže ugljične kiseline, naime slobodni CO_2, karbonat, bikarbonat i ukupnu ugljičnu kiselinu, ako su određeni: temperatura, slanoća, pH i alkalinitet (vidi sl. 7). — U posljednje vrijeme su oceanografi (Buch i dr.) u tančine obradili

fiziko-kemijsku stranu ravnoteže ugljične kiseline u morskoj vodi i izradili formule, a prema njima i tablice i grafikone, iz kojih je moguće jednostavnim računskim operacijama ili prostim čitanjem odrediti sve spomenute faktore ugljične kiseline, koliko su poznati temperatura, slanoća pH i alkalinitet.

R e g u l a t o r n a i s t a b i l i z a t o r n a u l o g a u g l j i č n e k i s e l i n e u m o r s k o j v o d i. Na ravnoteži ugljične kiseline u morskoj vodi temelji se regulatorna uloga ugljične kiseline, koja se sastoji u održavanju konstantnog tlaka ugljičnog dioksida u atmosferskom uzduhu. Kako je već spomenuto, tlak je ugljičnog dioksida u površinskim vodama približno u ravnoteži s tlakom istog plina u uzduhu (3.10^{-4} atmosf.). Stoga, ako tlak plina u uzduhu poraste (zbog oksidacijskih procesa, vulkanskih ekshalacija i t. d.), dio njegov se otapa u vodi i veže s karbonatima, koji prelaze u bikarbonate. Naprotiv, ako tlak CO_2 u atmosferi padne (zbog biljne asimilacije), u vodi otopljeni bikarbonat oslobađa dio ugljičnog dioksida i prelazi u karbonat, a oslobođeni ugljični dioksid prelazi u zrak. Tako je ravnoteža ugljične kiseline, posredstvom bikarbonata, uvjet približno konstantnog tlaka ugljičnog dioksida u atmosferi, a to je naročito važno za život na kopnu.

Na ravnoteži ugljične kiseline temelji se također njezina s t a b i l i z a t o r n a u l o g a, koja se sastoji u održavanju konstantnog tlaka ugljične kiseline, a dosljedno i koncentracije H-iona i ionske reakcije u uskim granicama u morskoj vodi. Ova se konstantnost održava posredstvom karbonata i bikarbonata. Ako u morskoj vodi poraste tlak ugljičnog dioksida odnosno koncentracija H-iona (na pr. oksidacijskim procesima), karbonati vežu dio CO_2 prelazeći u bikarbonate. U protivnom slučaju, ako u vodi padne tlak ugljičnog dioksida (na pr. zbog fotosinteze), bikarbonati oslobađaju dio tog plina prelazeći u karbonate. Na taj način bikarbonati i karbonati vrše ulogu stabilizatora ili p u f e r a koncentracije H-iona u morskoj vodi.

Morska voda od 35‰ S, koja je u ravnoteži s uzduhom i sadržava O. 223 cm^3 ugljičnog dioksida u litri, može primiti deseterostruk iznos toga plina (2.23 cm^3), a pri tom njegov tlak u vodi poraste samo na 4.9×10^{-4}, a koncentracija na O.37 cm, dakle na 1.65 puta pređašnjeg iznosa. Kad bi mjesto morske vode bila čista voda bez otopljenih soli, tlak bi se u njoj popeo na $330 \times 10^{-}$ atm., a koncentracija plina na 2.45 cm^3 u l, dakle na 11 puta pređašnjeg iznosa. Analogno tomu, ako bi morska voda izgubila, na pr. zbog fotosinteze, 0.20 cm^3 slobodnog CO_2, dakle $^9/_{10}$, iznos bi u njoj pao od O. 223 cm^3 samo na 0.220 cm^3 t. j. na približno $^{99}/_{100}$ pređašnjeg iznosa, dok bi u čistoj vodi iznos pao na 0.023, dakle na $^1/_{10}$ pređašnjeg iznosa. U istom bi omjeru nastale i promjene ionske reakcije.

Stabilizatorna uloga ugljične kiseline u moru za život je mora od najveće važnosti, jer ona čini neškodljivima sve utjecaje, koji

bi po sebi izazvali bitne promjene u sadržaju ugljičnog dioksida i u reakciji morske vode, i ona čini morsku vodu vanredno prikladnom sredinom za održavanje životnih procesa.

L i t e r a t u r a:

BUCH K. et NYNÄS O. (1939), Studien über neuere pH Methodik usw. — Acta Acad. Abo. Math. et Phys. 12, 3. — BUCH K., HARVEY H. W., WATTEMBERG H. und GRIPENBERG S. (1932), Über das Kolensäuresystem im Meerwasser. Rapp. et Proc. verb. Cons. intern. Copenhague Bd 79. — ERCEGOVIĆ A. (1936), Fizikokemijska i biologijska ispitivanja u obalnim vodama istočnog Jadrana tokom godine 1934. Prirod. istraživanja Jugosl. sv. 20, Zagreb. — FOX C. J. (1907), On the coefficients of absorption of the atmospheric gases in sea water and distilled water. Publ. de Circonst. No 41, Copenhague. — LABBÉ A. (1932), La notion du pH en Océanographie et en biologie marine. Ann. instit. oceanogr., Nouvelle serie, T. XII. — LÉGENDRE R. (1925), La concentration en ion hydrogène. Paris. — Mc CLENDON J. F. (1917), The standardisation of new method colorimetric for the determination of Hydrogen concentration, CO_2 tension and O_2 content of sea water. Journ. Biolog. Chem. 30. — PALITZSCH S. (1912), Measurement of the hydrogen ion concentration in seawater. Rep. on the Dan. Oceanogr. Exped. 1906—10 to the Mediterranean and adjacent seas. Bd 1. — WATTEMBERG H. (1930), Über die Bestimmung der Alkalinität des Meerwassers. Annal. Hydrogr. und marit. Meteorol. Jahrg. 58. — IDEM (1936), Kohlensäure und Kalciumkarbonat im Meere. Fortschritte der Mineralogie, Kristall. und Petrogr. Bd XX.

Kisik

Kisik je pored ugljične kiseline najvažniji plin za održavanje života u moru.

O d r e đ i v a n j e se kisika u oceanografijskim istraživanjima vrši najviše po W i n k l e r o v o j metodi. Princip metode se sastoji u tome, da se sav kisik, otopljen u vodi, veže, a na njegovo se mjesto supstituira ekvivalentna množina joda, koja se onda određuje titriranjem spomoću natrijeva tiosulfata ($Na_2S_2O_3$). Detaljan je opis metode kod J a c o b s e n a (1921) i E r c e g o v i ć a (1934).

O t a p a n j e kisika u vodi zavisi, prema H e n r y e v u zakonu, od množine plina u uzduhu i od apsorpcionog koeficijenta vode.

Apsorpcioni je koeficijenat kisika (pri 0^0 C i 0‰ S) 0.04922, dok koeficijenat dušika iznosi 0.02359 (S c h u l z B.). Prema tome se oba koeficijenta odnose približno kao 2 : 1. Radi toga je odnos obaju plinova u vodi znatno drugčiji nego u atmosferskom uzduhu. Dok je u ovome odnos dušika prema kisiku kao 78 : 21 (točnije 20.9), u vodi pri 0^0C i 0 ‰S je kao 64 : 34. Prema tome je procentualni iznos za život važnog kisika u otopljenom uzduhu mnogo veći nego u atmosferskom.

K o l i č i n a k i s i k a u m o r u i n j e z i n o k o l e b a n j e. Budući da količina kisika u uzduhu ostaje približno konstantna,

količina otapanja u moru zavisi samo od koeficijenta otapanja, koji pada s porastom temperature i slanoće. Tablica 9 pokazuje množine kisika, koje se normalno otapaju u morskoj vodi pri raznim temperaturama i slanoćama (S c h u m a c h e r 1932, F o x 1907).

Tablica 9

T^0 \ $S^0/_{00}$	0	10	20	30	35	40
— 2	10,88	10,18	9,50	8,82	8,47	8,12
0	10,29	9,65	9,01	8,36	8,03	7,71
5	9,03	8,48	7,94	7,40	7,13	6,86
10	8,02	7,56	7,10	6,63	6,40	6,17
15	7,22	6,83	6,43	6,04	5,84	5,64
20	6,57	6,22	5,88	5,53	5,35	5,18
25	6,04	5,72	5,40	5,08	4,93	4,77
30	5,57	5,27	4,96	4,65	4,50	4,35

Tablica pokazuje, da morska voda otapa, u apsolutnom iznosu, uvijek malene množine kisika. Dok litra atmosferskog uzduha sadržava oko 210 cm^3 kisika, litra jadranske vode sadržava normalno samo 5—7 cm^3, dakle 30—40 puta manje.

Koncentracija kisika u površinskim vodama oceana koleba između 8 cm^3 (u arktičkim predjelima) i 4.5 cm^3 (u tropima). Množina kisika ispod fotosintetske zone obično pada i to osobito između 200 i 800 m dubine, i taj je pad najizrazitiji u tropskom i subtropskom Atlantiku. On potječe, barem djelomično, od disanja organizama i od oksidacije organskih čestica, koje padaju iz gornjih slojeva. Ispod spomenutih slojeva najmanjih iznosa pa do nekih 1500 m dubine količina kisika obično nešto raste, nakon čega ostaje približno konstantna. Već iz toga izlazi, da iznosi kisika mogu zbog životnih procesa morskih organizama još znatno pasti, katkada do potpunog nestajanja, tako osobito na muljevitom i fino pjeskovitom morskom dnu i u zatvorenim vodama (dubine Crnog i Kaspijskog mora, neki fjordovi). U tom je pogledu more vrlo nehomogen životni prostor.

S t e p e n z a s i ć e n o s t i. Ako morska voda sadržava ni više ni manje nego onaj iznos kisika, koji prema gornjoj tablici odgovara temperaturi i slanoći vode, ona je plinom upravo zasićena, t. j. ima 100% zasićenosti. No u većini slučajeva ona je prezasićena ili nezasićena. Prezasićena je, ako sadržava veće, a nezasićena, ako sadržava manje iznose od onih, koji odgovaraju odnosnim temperaturama i slanoćama. Prezasićenost odnosno nezasićenost zavise naročito od utjecaja biologijskog faktora, naime bilja, koje asimilacijom ugljičnog dioksida djeluju na povećanje, a s druge strane svih organizama, koji oksidativnim procesima djeluju na smanjenje iznosa kisika.

Stepen se zasićenosti izrazuje u procentima i može poslužiti kao mjerilo veličine utjecaja biologijskog faktora na sadržaj kisika u moru.

L i t e r a t u r a :

ERCEGOVIĆ A. (1934), Istraživanja o temperaturi, salinitetu, kisiku i fosfatima jadranskih voda srednjodalmatinske obale tokom godine 1934. Prir. istraž. Jugoslavije sv. 19, Zagreb. — FOX C. J. (1907), On the Coefficients of absorption of the atmospheric gases in sea water and distilled water. Public. de Circonst. No 41, Copenhague. — JACOBSEN J. P. et KNUDSEN M. (1921), Dosage de l'oxygène dans l'eau de mer par la méthode de Winkler. Public. Instit. Océanograph. Monaco, no 390. — SCHUMACHER A. (1932), Ozeanographie, in Handbuch der Naturwissenschaften, Bd VII, Jena. — WATTEMBERG H. (1929), Die Durchlüftung des Atlantischen Ozeans, Journ. du Conseil, IV.

T e m p e r a t u r a

I z v o r t o p l i n e. Praktički je sunce jedini izvor toplinske energije, koja stoji na raspolaganje oceanima. Od sunčeve energije, upravljene Zemlji, samo jedan dio dospijeva do morske površine, dok drugi dio zemljina atmosfera koje upija, a koje rasipa (difuzne zrake). Od zraka, koje padaju na morsku površinu, samo ih dio prodire ispod nje, dok se drugi dio od nje odbija (refleksija) i ovaj je to veći, što je upadanje zraka na površinu kosije. Radi navedenih činjenica samo manji dio sunčeve energije, upravljene prema zemlji, stoji stvarno na raspolaganje oceanima i prodire ispod njihove površine. Uzmemo li, da konstanta sunčeve energije iznosi 2880 grm kal na cm^2 u 1 dan, dio energije, koji preostaje morima na raspolaganje u obliku direktnog i difuznog svijetla zajedno koleba između 343 (na 10^0 sj. šir.) i 94 (u 70^0 sj. šir.) gram kal. cm^2 1 dan (S c h u m a c h e r 1932). Ovdje se ne uzima u račun energija, koju more gubi ižarivanjem i ishlapljivanjem.

P r o d i r a n j e i v o đ e n j e t o p l i n e i s p o d p o v r š i n e. P r o d i r a n j e toplinskih zraka od površine u dubinu vrlo je slabo, jer ih voda brzo upija. To je upijanje tim jače, što je valovna dužina zraka veća, pa stoga zrake najmanjih valovnih dužina prodiru najdublje.

Tablica 10

Valovna dužina zraka (mμ)	Dubina				
	0 cm	10 cm	1 m	10 m	100 m
200 — 600	23,70	23,62	22,95	17,20	1,39
600 — 900	35,97	30,49	12,86	0,95	—
900 — 1500	26,54	0,82	—	—	—
1500 — 3000	13,79	—	—	—	—
Sve zrake	100.0	54,93	35,81	18,5	1,39

Tablica 10 prikazuje učešće toplinskih zraka raznih valovnih dužina, u procentima, u raznim dubinama čiste vode (W. Schmidt).

Prema ovoj tablici već površinski, 10 cm debeli, sloj vode upija 45% čitave energije. U jezerskoj i morskoj vodi zbog organskih i anorganskih čestica u suspenziji upijanje zraka je znatno brže. Tako prema podacima Birgea već površinski jedan m debeli sloj jezera Senaca upija oko 80% svijetla, a samo 5% dopire u dubinu od 5 m.

Vođenje toplinske energije iz površinskih slojeva u dubinu vrši se putem konvekcije, t. j. gibanjem vodenih čestica. Razlikujemo prirodnu i dinamičku konvekciju. Pod prirodnom mislimo na prirodno padanje vodenih čestica iz viših slojeva u niže radi povećanja njihove gustoće (težine) zbog porasta slanoće ili ohlađivanja (termičko — halina konvekcija). Pod dinamičkom shvaćamo pomicanje čestica jednih mimo druge pod utjecajem nekog spoljašnjeg faktora, na pr. vjetra. Prirodnim se ili dinamičkim pomicanjem čestica toplinska energija, pohranjena u tim česticama, prenosi iz viših u niže slojeve.

Što se tiče prenošenja topline u dubinu toplinskom provodljivošću, ono je sasvim neznatno, jer je voda vrlo loš vodić topline, 120 puta slabiji od željeza.

Izdavanje (gubitak) topline. Voda ne upija i ne prenosi samo, nego također izdaje i gubi dio topline. Znatan se dio gubi ižaravanjem u prostor. To je tim jače, što je nebo vedrije. Osrednji gubitak ižaravanjem iznosi između 91 (na ekvatoru) i 63 (u 70° sj. šir.) gram kal na cm² na dan (Schumacher 1932). Ispаravanje uzima moru dio topline, i taj dio je također znatan, jer za pretvaranje kubičnog centimetra vode u paru potrebno je 600 grm kal. Napokon i ugrijavanje susjedne atmosfere oduzima moru dio toplinske energije, no taj dio nije znatan.

Budući da je specifična toplina uzduha (c. 0.238) mnogo manja nego spec. toplina morske vode (0.93 pri 35‰ S), a gustoća još kud i kamo manja (c. O. OO13 uzduha prema 1.028 morske vode), morska voda gubi za povišenje

temperature jednakog volumena uzduha za 1° C samo $\frac{1}{3093}$ od svoje topline.

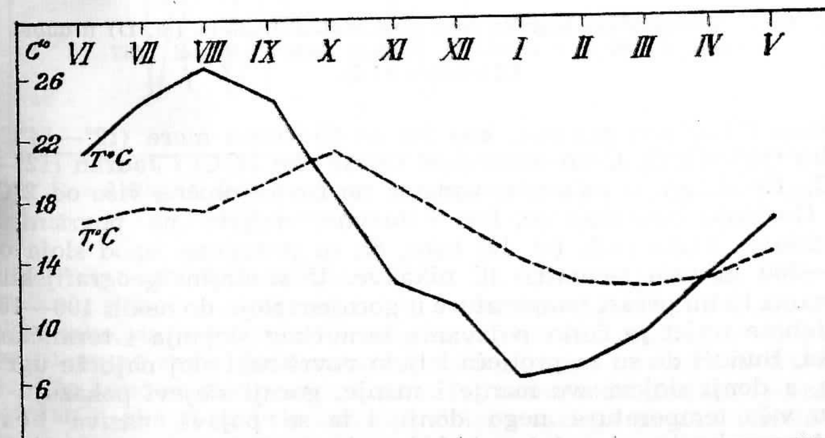
To izlazi iz odnosa: $\frac{0{\cdot}0013 \times 0{\cdot}238}{1{\cdot}0281 \times 0{\cdot}931} = \frac{1}{3093}$

Prema Defantu toplina, koju more prima direktnim i difuznim žarenjem, na ekvatoru i u nižim širinama je nešto veća, a u višim širinama znatno manja od topline, koju odaje ižarivanjem i ishlapljivanjem.

Dnevna i godišnja kolebanja temperature. Primljena i izdana energija određuju termičke prilike, t. j. porast i pad temperature u morskoj vodi. Budući da intenzitet primanja i odavanja pokazuje dnevno i godišnje kolebanje, i temperatura morske vode pokazuje dnevno i godišnje kolebanje. To se očituje u dnevnom, odnosno godišnjem porastu i padu. Dnevni porast i pad temperature zavise, osim stepena naoblake, od dnevne visine sunca, koja određuje trajanje ugrijavanja. Amplituda je kolebanja, t. j. razlika između minimuma i maksimuma, malena. Na površini otvorenog oceana iznosi prosječno 0.5 do 1.0° C.

Razlog malenog dnevnog kolebanja nalazi se u visokoj specifičnoj toplini morske vode, zbog koje se ona primanjem odnosno odavanjem jednake množine energije mnogo manje ugrijava odnosno ohlađuje od ostalih tjelesa. — Dnevno se kolebanje ispod 15—20 m dubine teško ili nikako ne zapaža.

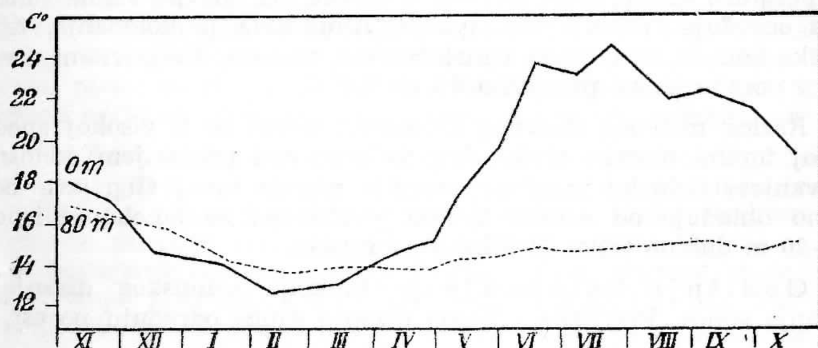
Godišnje kolebanje je funkcija sezonskog dizanja i padanja sunca. Proljetno i ljetno dizanje sunca određuju porast, a



Sl. 9. — Srednje mjesečne temperature uzduha (T) i morske vode (T_1) u okolici Splita u razdoblju lipanj 1932—svibanj 1933 (Ercegović).

jesensko-zimsko padanje uvjet je padu temperature u morskoj vodi. Na kraju porasta dolazi maksimum, a na kraju pada minimum, no ovi se vremenski ne podudaraju s maksimumom odnosno minimumom uspona sunca, nego dolaze s izvjesnim zakašnjenjem (sl. 9). U površinskom sloju Jadrana maksimum dolazi najčešće u kolovozu ili rujnu, a minimum u veljači ili ožujku.

A m p l i t u d e godišnjih kolebanja zavise najviše o geografijskom položaju. One su mnogo manje u ekvatorijalnim ili polarnim nego u srednjim geografijskim širinama, a isto tako na otvorenom oceanu nego u zatvorenim i obalnim vodama, izvrgnutim većem utjecaju kopna. Tako na pr. godišnje kolebanje na površini Atlantskog oceana između 10° sjev. i 10° juž. šir. iznosi samo 1—2°C, dok između 25° i 45° sj. šir. iznosi 10°—15°C. Isto tako je veliko u sredo-



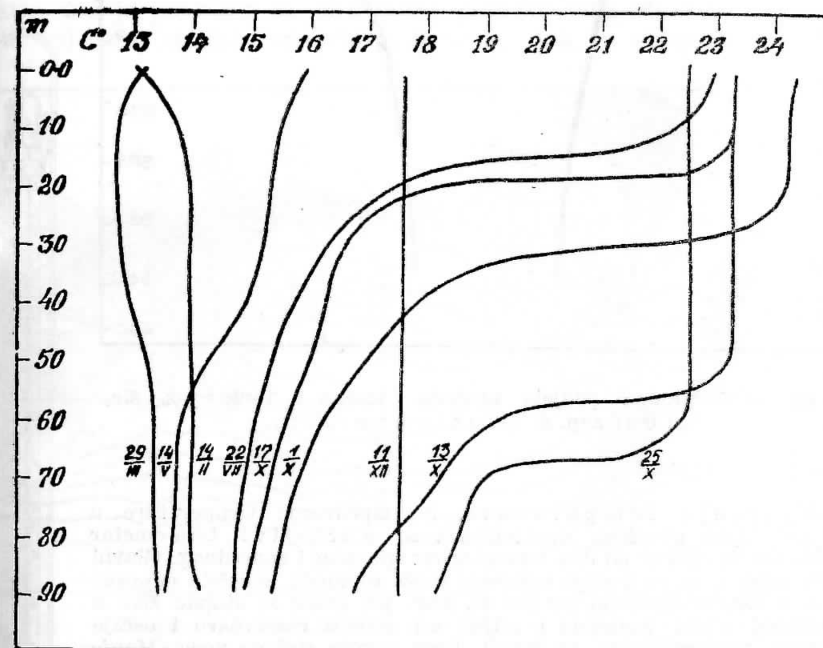
Sl. 10. — Temperatura morske vode pred otokom Šoltom (st. D) u dubinama 0 i 80 m u razdoblju studeni 1936—listopad 1937 (E r c e g o v i ć).

zemnim i obalnim morima, kao što su Sjeverno more (12°—14°C), Baltik (14°—17°C), Crno more (kod Odese oko 24°C) i Jadran (12°—20°C). Kolebanja u polarnim vodama ne iznose obično više od 2°C.

Godišnje kolebanje je, kao i dnevno, najjače na površini, a s dubinom naglo pada (sl. 10) tako, da su promjene ispod sloja od 150—200 m vrlo neznatne ili nikakve. U srednjim geografijskim širinama ljetni porast temperature u gornjem sloju do nekih 100—150 m dubine uvjet je često pojavama termičkog slojanja i termičkog skoka. Budući da se za proljeća i ljeta površinski sloj najbrže ugrijava, a donji slojevi sve manje i manje, gornji slojevi pokazuju u ljetu više temperature nego donji, i ta se pojava naziva t e r m i č k o s l o j a n j e (s t r a t i f i k a c i j a). Pri tome se javlja u izvjesnom sloju neobično nagla i velika razlika temperature između gornjih slojeva, koji pokazuju velik utjecaj ljetnog ugrijavanja, i

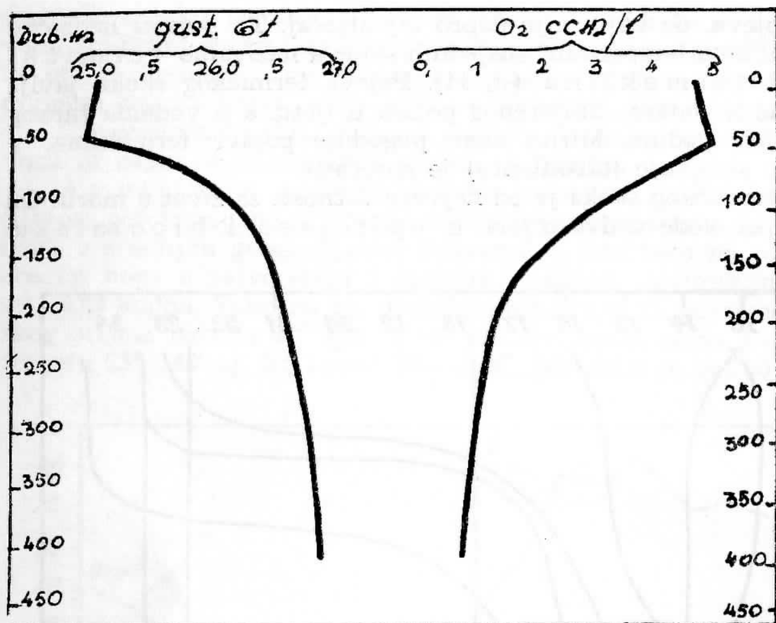
donjih slojeva, do kojih nije dopro taj utjecaj. Tu pojavu neobično velike razlike u temperaturi susjednih slojeva nazivamo t e r m i č k i s k o k ili t e r m o k l i n a (sl. 11). Pojava termičkog skoka javlja se redovno u vodama umjerenog pojasa u ljetu, a u vodama žarkog pojasa cijele godine. Mirno more pogoduje pojavi termokline, a vertikalno strujanje (turbulenca) je sprečava.

Sloj termičkog skoka je od najveće važnosti za život u moru. On dijeli stupac vode u dva dijela: u e p i t a l a s u i h i p o t a l a s u.



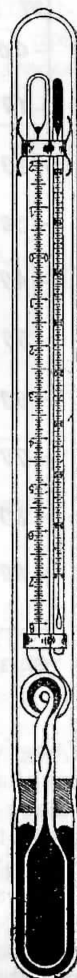
Sl. 11. — Sloj termičkog skoka (termoklina) u vodi pred otokom Šoltom u ljetu i jeseni g. 1932 (E r c e g o v i ć).

Zbog velike razlike u temperaturi — kojoj često pridolazi i znatna razlika u slanoći — vode epitalase su znatno laganije od voda hipotalase tako, da je intenzivnije miješanje jednih s drugima nemoguće. Zbog toga ne samo temperatura i gustoća, nego i ostali faktori, kao naročito količina plinova (sl. 12) i soli u minimumu (fosfata i nitrata) često su u oba sloja vrlo različni. S toga razloga pojava termičkog skoka, kao uopće pojava termičkog slojanja, znatno utječe na podjelu morskih, osobito planktonskih organizama i na procese njihova metabolizma.



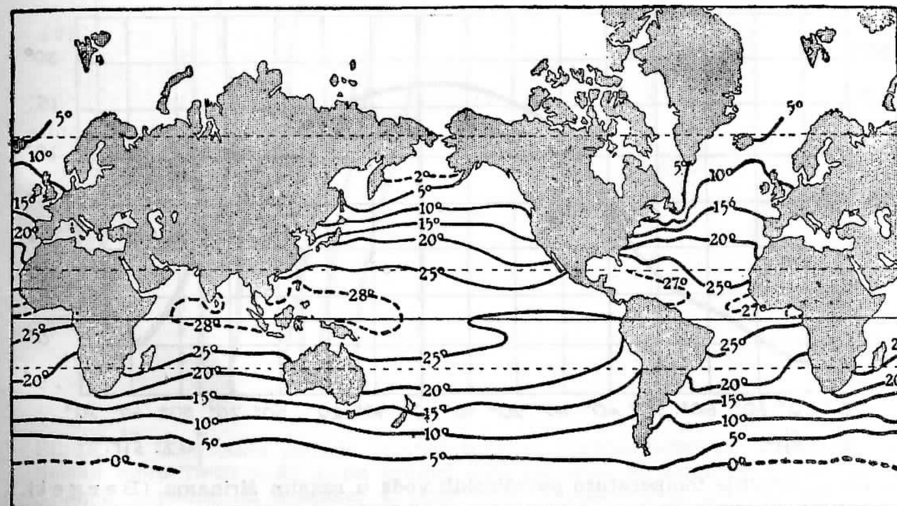
Sl. 12. — Vertikalna podjela gustoće i kisika u 15°26 juž. šir. i 0°67 zap. d. (W a t t e m b e r g).

M j e r e n j e t e m p e r a t u r e. Za ispitivanje temperature u slojevima ispod površine upotrebljava se o b r t l j i v i termometar (sl. 13). On se sastoji od dva termometra: glavnog i sporednog. Glavni je tako udešen, da se poslije mjerenja može spomoću naročite naprave obrnuti u longitudinalnom pravcu za 180°, pri čemu se stupac žive u kalibriranoj cijevi pretrgne i odijeli od žive u rezervoaru i ostaje uglavnom nepromijenjen prolazeći kroz gornje slojeve vode. Manje promjene, koje ipak nastaju, korigiraju se na osnovu podataka sporednog (normalnog) termometra, a korekcije se vrše prema gotovim tablicama (S c h u m a c h e r 1923). Tačnost mjerenja iznosi ± 0.01° C. Za praktično vršenje mjerenja vidi S c h u m a c h e r a.



Sl. 13. — Obrtljivi termometar za mjerenje temperature ispod površine vode. Kod okretanja termometra za 180° stupac žive u rezervoaru se otrgne od stupca u kalibriranoj cijevi. Ovaj mjeri temperature od —2 do +8° C. Najmanji intervali iznose 1/20 C.

T e m p e r a t u r e n a p o v r š i n i o c e a n a : Slika 14 prikazuje nam izoterme (crte, koje spajaju tačke jednakih srednjih godišnjih temperatura) na površini oceana. One pokazuju vrlo različne vrijednosti, od 0° do 28° C. Prema tome je ocean na površini, s obzirom na toplinu, vrlo nehomogena životna sredina. Izoterme idu, u krupnim crtama, paralelno s ekvatorom, i njihovi iznosi padaju od ekvatora prema polu (sl. 15). Prema tome su one na površini uglavnom funkcija geografijske širine. Međutim su temperature na sjevernoj polukugli nešto više nego na južnoj. To dolazi odatle, što je površina oceana južne polutke više otvorena i izvrgnuta utjecaju hladnih antarktičkih voda, dok je sjeverni dio više

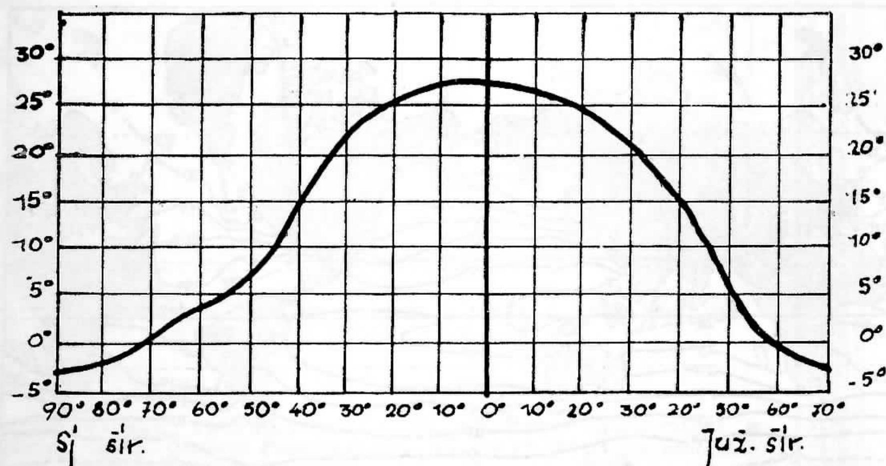


Sl. 14. — Izoterme na površini oceana (B e r g e t).

zatvoren prema arktičkim vodama. — U detaljima izoterme ne pokazuju sasvim paralelan tok s ekvatorom, što je znak da na nj utječu i drugi faktori. Među njima najveći utjecaj vrše horizontalne struje. Tako pod utjecajem Zatonske struje izoterma se od 5°C u istočnom dijelu Atlantika znatno penje na sjever norveških obala, dok se u zapadnom dijelu pod utjecajem hladne Labradorske struje spušta niz obale sjeverne Amerike sve do Nove Škotske, dakle otprilike do širine Dubrovnika. — Na podjelu površinskih temperatura utječu i vertikalne struje. Vode uz istočne obale Afrike (Maroka i Senegalije) i vode uz istočne obale obje Amerike (uzduž poluotoka Kalifornije i Peruanskih i Čilenskih obala) hladnije su nego vode na istim geografijskim širinama ostalog dijela oceana, a to radi verti-

kalnih struja, koje u tim obalnim područjima donose hladnije vode iz dubina na površinu. — Najviše temperature pokazuju sjeverni dijelovi Perzijskog zaliva (35°—36°C) i Crvenog mora (34°—35°C), a najmanje arktičke i antarktičke vode (oko —1.70°C).

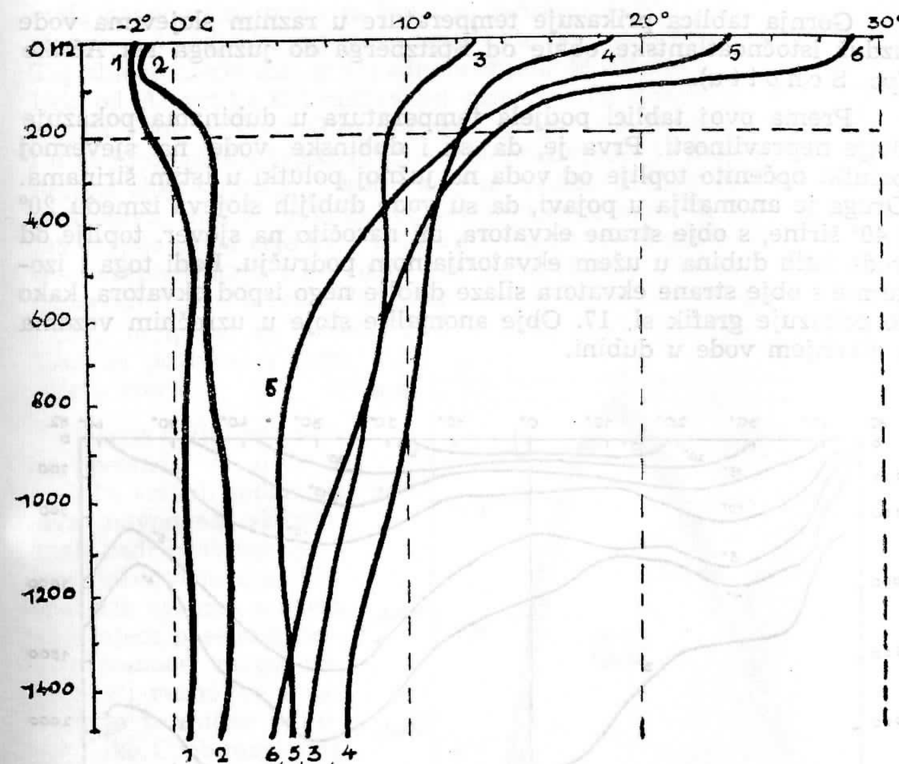
T e m p e r a t u r e d u b i n a. Temperatura na istoj tački oceana redovno pada od površine do morskog dna (sl. 16, a n o t e r m i j a). Taj pad je nejednolik u raznim dubinama. U tom pogledu razlikujemo gornji tanki, srednji deblji i donji obično kud i kamo najdeblji sloj. U gornjem sloju, koji seže od površine do 100—200 m dubine, temperatura pokazuje u umjerenom i toplom pojasu nagao pad i pojavu termokline. Taj sloj pokazuje u umjerenom pojasu i godišnja kolebanja (sloj varijacija). Srednji sloj seže prosječno do 700—1000



Sl. 15. — Srednje temperature površinskih voda u raznim širinama (B e r g e t).

m dubine, i u njemu je pad temperature znatno sporiji. Pored toga u njemu se obično više ne zapažaju godišnje promjene topline. U donjem sloju, koji seže sve do dna, dakle obično više tisuća metara, pad temperature vrlo je spor, ispod 2000 m dubine obično manji od 0.5°C na svaku tisuću metara.

S obzirom na stepen temperature u raznim dubinama i širinama, zavisi on u suštini od istih faktora, od kojih i na površini, dakle od geografijske širine i struja. Odnošne prilike su nam očite iz tablice 11. Toj tablici možemo dodati, da već u dubinama od 4.000 m vladaju u najvećem dijelu oceana arktičke temperature (dakle ne više od +2°), da se u najvećim dubinama kreću obično između 0° i +2°C (osim u arktičkim i antarktičkim, gdje iznose između 0° i — 1°C), i da se pri samome dnu češće javlja lagan porast temperature (t. zv. a d i a b a t s k i porast).



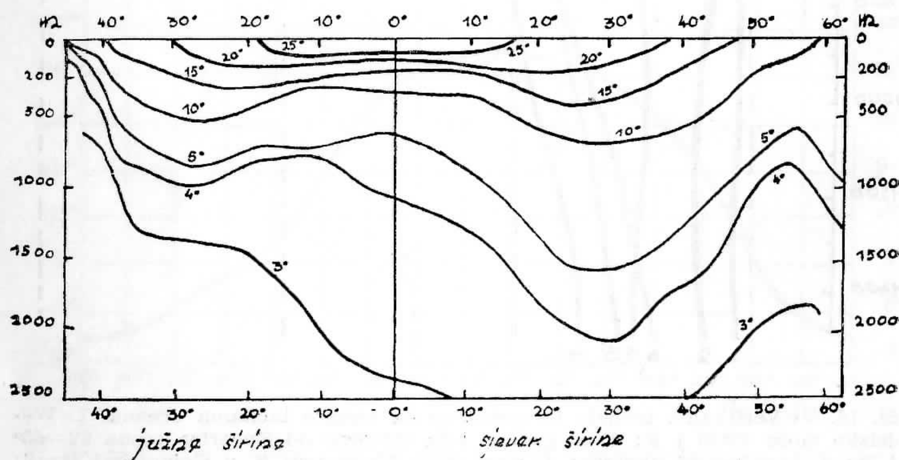
Sl. 16. — Vertikalna podjela temperature na raznim tačkama oceana. 1. Wedelsko more 72°20 j. š.; 2, na granici leda sjeverno od Enderby kopna 62—63° j. š.; 3, zapadno od Škotske; 4, pred rtom Finisterre; 5, u Gvinejskoj struji; 6, između Seychella i Afrike 5°42 j. š. — (3 po M u r r a y i H j o r t u, 1—2 i 4—6 po S c h o t t u).

Tablica 11

Dub. m	Š i r i n a							
	80° sj.	60° sj.	40° sj.	20° sj.	0°	20° juž.	40° juž.	60° juž.
0	2°	9°	16°	20°	27°	17°	15°	0°
200	2°	6°	12°	15°	15°	11°	10°	1°
400	1°	9°	12°	12°	9°	9°	10°	1°
800	0°	8°	11°	8°	5°	5°	4°	1°
1000	<0°	7°	9°	6°	5°	4°	3°	1°
2000	—1°	3°	4°	4°	3.3°	3°	2°	0°

Gornja tablica prikazuje temperature u raznim slojevima vode uzduž istočnoatlantske obale od Spitzberga do južnoga rta Afrike (po S c h o t t u).

Prema ovoj tablici podjela temperatura u dubinama pokazuje dvije nepravilnosti. Prva je, da su i dubinske vode na sjevernoj polutki općenito toplije od voda na južnoj polutki u istim širinama. Druga je anomalija u pojavi, da su vode dubljih slojeva između 20° i 40° širine, s obje strane ekvatora, ali naročito na sjever, toplije od voda istih dubina u užem ekvatorijalnom području. Radi toga i izoterme s obje strane ekvatora silaze dublje nego ispod ekvatora, kako to pokazuje grafik sl. 17. Obje anomalije stoje u uzročnim vezama s gibanjem vode u dubini.



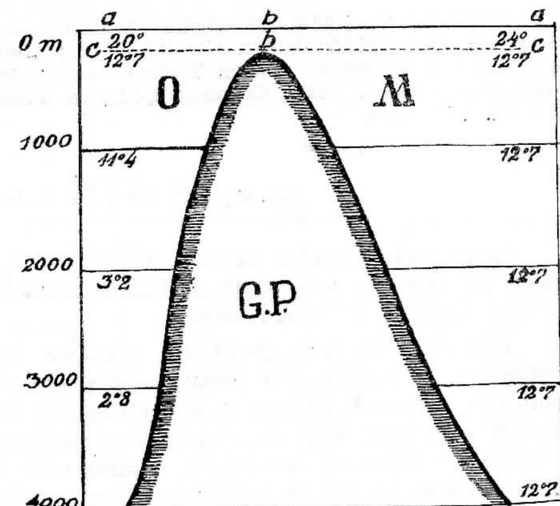
Sl. 17. — Izoterme prema mjerenjima u raznim dubinama Atlantika u meridianom pravcu blizu meridijana 30° i. d. (B e r g e t).

T e m p e r a t u r a o d i j e l j e n i h m o r a. U odijeljenim su morima, t. j. onima, koja komuniciraju s oceanom samo spomoću vrata ili tjesnaca, a od oceanskog su dna odijeljena podmorskim uzvisinama, termičke prilike drukčije nego u otvorenom oceanu. U tim morima donji slojevi pokazuju cijele godine temperaturu onog najhladnijeg gornjeg sloja, kojemu je putem konvekcije moguć pristup u dubinu.

Prilike su nam jasnije, ako razmotrimo shemu sl. 18. Ispod sloja cbc vode oceana O podmorskom su uzvisinom GP odijeljene od voda mora M. Ako se najhladniji sloj vode, koji konvekcijom može dospjeti u odijeljeno more i ispuniti ga ispod crte bc, nalazi u sloju cb — jer

voda na površini mora (u ba) i u zimsko je doba toplija — cijeli stupac vode odijeljenog mora ispod crte bc ima temperaturu sloja cb. Taj slučaj susrećemo u zapadnom dijelu Mediterana, koji je rastavljen od Atlantika Gibraltarskim pragom. Tu dolazi u visini cijelog stupca vode niže od Gibraltarskog praga ista temperatura, koja je i u sloju cb (nešto ispod 13°C). — Naprotiv, ako je najhladniji i stoga najteži sloj, kojemu je konvekcijom moguć pristup u dubinu, onaj, koji dolazi zimi na površini istog odijeljenog mora (u ba), on ispunja sav stupac ispod crte bc, i u tom stupcu su cijele godine približno iste temperature, koje zimi na površini ba. Takve prilike susrećemo u istočnom dijelu Mediterana, gdje dolaze ispod 300 m dubine u ljetu i zimi temperature između 13.5° i 14°C, dakle približno iste kao u zimi na površini u tom dijelu mora.

Razna odijeljena mora, premda za njih u načelu vrijedi jedan od dva navedena slučaja, ipak radi osobitog geografijskog položaja i klimatskih osobina a i pod utjecajem posebnih prilika slanoće, mogu pokazivati raznolike i zamršene termičke odnose. Tako Crno more ima najniže temperature u intermedijarnom sloju, a polarna mora iznad i ispod intermedijarnog sloja, i to na površini i pri dnu (m e z o t e r m a l n o slojanje).



Sl. 18. — Podjela temperatura s obje strane Gibraltarskog praga (shematski, Ann. Inst. Ocean. Paris, t. IX).

O c e a n j e h l a d a n i t e r m i č k i s t a b i l a n p r o s t o r. Osim u površinskim slojevima toplog i umjerenog pojasa u svim drugim dijelovima oceana trajno vladaju niske temperature. Srednje godišnje temperature od 10°C i više ograničuju se samo na prostor između nekih 45° južne i 60° sjeverne širine do 800 m dubine, dok izvan toga prostora u svim širinama i dubinama vladaju niže temperature. Srednja godišnja temperatura od 5°C silazi tek na uskom području umjerenog pojasa do nešto ispod 1500 m dubine. U svim ostalim prostorima oceana dolaze temperature između 4° i ispod 0°C. Srednja toplina Atlantika u njegovu najtoplijem dijelu, između 20°

i 30° sjev. šir. u cijelome stupcu od površine do dna iznosi samo 5.8°C, dok srednja temperatura svih mora zajedno iznosi tek 3.8°C. Prema tome ocean je u cjelini vrlo hladna sredina. No ujedno je on u termičkom pogledu stabilna sredina. Samo relativno vrlo tanki površinski sloj, debeo oko 200 m, pokazuje utjecaj godišnjih doba. Pa i u tom sloju su amplitude kolebanja općenito malene. Tek na jednoj četvrtini oceanske površine — a na površini su kolebanja najveća — amplituda iznosi 5°C ili više (do 15°), a na tri četvrtine površine amplituda je manja od 5°C. Ova stabilnost je drugo važno termičko obilježje oceanskih voda.

Literatura:

SCHOTT G. (1924), Physische Meereskunde, Berlin. — SCHUMACHER A. (1923), Neue Hilfstabellen für die Umkippthermometer nach Richter und Beiträge zur thermometrischen Tiefenmessung. Annal. der Hydrographie usw. Jahr. 51. — IDEM (1932), Ozeanographie, in Handbuch der Naturwissenschaften, Bd VII, Jena.

Osvjetljenje i boja

Osvjetljenje mora u različnim slojevima zavisi u prvom redu od stepena refleksije sunčanih zraka od morske površine i prema tome o visini sunca.

Dio svijetla, koje pada na morsku površinu, odbija se zbog refleksije u uzduh, dio prodire ispod površine, no tu se odbija od vodenih i drugih čestica u suspenziji, te se napokon opet vraća u uzduh. Tek treći, najveći, dio prodire dalje u vodu, koja ga postepeno, i konačno potpuno apsorbira. Samo ova treća komponenta dolazi u račun kao faktor osvjetljenja, i ona zavisi od visine sunca. Što je ta visina veća, to je gubitak zbog refleksije manji. Kad kut upadanja iznosi 0° do 60°, gubitak iznosi samo 2—6%. Kod kuta od 70° gubitak iznosi 13,35%, kod kuta od 80° 34,79%, a kod kuta od 90° 100% (W. Schmidt). Gubitak svijetla je velik osobito ujutro i uveče, pa je stoga dan u moru znatno kraći nego na kopnu. — Radi različnog stepena refleksije dolazi otprilike jednako osvjetljenje na paraleli od 33° u dubini od 800 m, kao na paraleli od 50° u 500 m ili na paraleli od 67° u dubini od 200 m.

Količina komponente svijetla, koja prodire u vodu i od nje se apsorbira zavisi i od stanja morske površine. Gubitak je svijetla zbog refleksije kod nemirne površine veći nego kod mirne. No ta razlika prema podacima Powela i Clarkea (1936) ne iznosi više od nekoliko procenata. — Treći je faktor, koji određuje jakost osvjetljenja pojedinih slojeva, apsorpcija odnosno propuštanje svijetla, koje vrši morska voda.

Starija mjerenja svijetla u morskoj vodi vršila su se fotokemijskim putem, t. j. spomoću osjetljivih fotografskih papira, koji — izloženi različitim jačinama svijetla i razvijeni — pokazuju različite stepene potamnjenja. Novija mjerenja se vrše poglavito fotoelektričnim putem spomoću fotoćelija, u kojima svijetlo proizvodi električnu struju, a njena se jakost mjeri skretanjem galvanometra. Znatan nedostatak kako fotografskih papira, tako fotoćelija je u tome, što pokazuju selektivnu osjetljivost u raznim spektralnim područjima. No u svakom slučaju električna je metoda znatno točnija i finija.

Čista voda, bilo slatka ili morska, upija jedan dio svijetla, zbog čega ono, prema dubljim slojevima, sve više slabi. Pri tome voda ne upija sve zrake spektra podjednako, pa stoga i različite zrake prodirući u dubinu različito slabe. Stepen se apsorpcije ili slabljenja pojedinih zraka izrazuje koeficijentom apsorpcije (ε), koji je konstantan za sve dubine, no različit za zrake raznih valovnih dužina (selektivna apsorpcija) prema tablici 12. (Kalle).

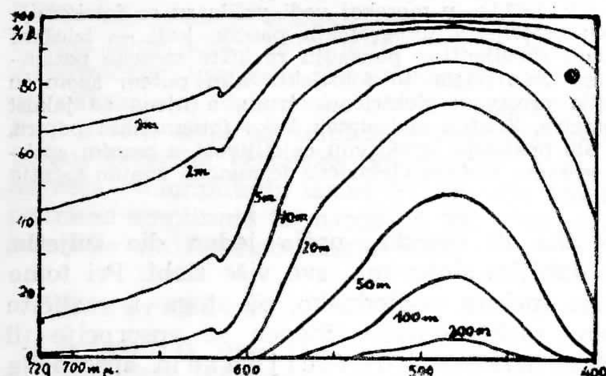
Tablica 12

m μ	boja	ε	m μ	boja	ε
400	ljubič.	0.000400	590	žuta	0.000480
430	indigo	140	620	naranč.	1040
460	modra	074	650	ružič.	1320
490	modrozel.	065	680	crvena	1550
520	zelena	087	710	crvena	1760
550	žutozel.	150			

Uzimajući u račun gornje koeficijente apsorpcije ε i formulu $Jd = Jo. 10^{-P9}$ — koja pokazuje procenat propuštenog svijetla u izvjesnoj dubini d od čitavog svijetla $Jo = 100$, što je prodrlo ispod površine — dobivamo krivulje, koje pokazuju iznose (u procentima) propuštenog svijetla u različitim poljima spektra i različitim dubinama, kako nam ih prikazuje grafikon sl. 19.

Beebe je spuštajući se u batisferi kod Bermudskih otoka do dubine od nešto preko 900 m našao u gornjih 50 m zelenu boju, u 60 m dubine zelenomodru, u 180 m modru, na 300 m crnkastomodru, a konačno još na 580 mogao je razlikovati tek posljednje tragove svijetla.

Od vidljivih zraka spektra voda najbolje propušta zelene i modre zrake između 450 i 550 mμ valovnih dužina, manje propušta ljubičaste, a najmanje crvene i narančaste. Crveno svijetlo praktički ne prelazi sloj od 20 m dubine, dok nekoliko procenata



Sl. 19. — Krivulje propuštanja svijetla u raznim dubinama morske vode. Horizontalna crta označuje valovnu dužinu, a vertikalna postotak propuštenog svijetla. (Po K a l l e u).

modrog dopire i do dubine od 200 m. Ultraljubičaste zrake, dovoljno jake da proizvedu rastvaranje hlorida na fotografskom papiru, dolaze i u dubini od 1500 m. Navedeni koeficijenti apsorpcije i krivulje propuštenog svijetla vrijede samo za idealno (optički) čistu slatku ili morsku vodu (koja ne sadržava nikakvih čestica u suspenziji). No takve morske vode u prirodi nema. Svaka jezerska ili morska voda sadržava u suspenziji veću ili manju množinu anorganskih ili organskih čestica. Što je takvih čestica u vodi više, to je ona manje prozirna.

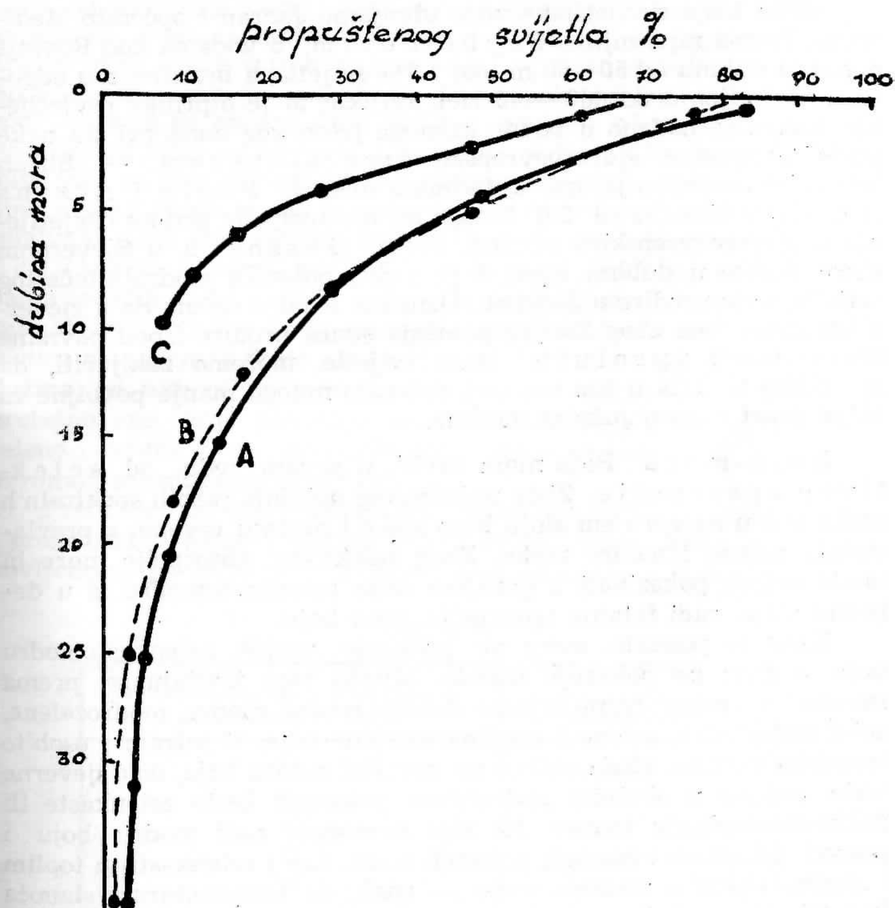
S t e p e n p r o z i r n o s t i (d i j a f a n i t e t a) vode — pored novijih finijih mjerenja električnim putem (P e t t e r s s o n 1936) — određujemo spomoću S e k i-jeve (S e c c h i) ploče. To je okrugla, bijelo lakirana, 40—50 cm široka ploča, koju spuštamo ispod morske površine sve dotle, dok je oko počne ne zapažati. Ta granična dubina je približno obrnuto razmjerna iznosu suspendiranih čestica i označuje stepen prozirnosti mora, a kreće se između malo metara — kad je voda onečišćena bogatom suspenzijom anorganskih čestica ili planktonskih bića, kao u Azovskom moru, gdje iznosi obično do 3, rijetko do 5 m — i preko 60 m, kad je voda relativno čista, t. j. malo je u njoj suspendiranih čestica. Takva se nalazi, na pr., u Sargaskom moru, gdje se ploča mogla zapažati i u dubini od 66 m.

Tablica 13

zrake m μ	crvena 665		zelena 535		modra 435	
dubina m	č.	m.	č.	m.	č.	m.
5	19.06	0 03	87.10	60.00	87.10	35.00
25	—	—	50 12	8.50	50.12	1.14

Organske i anorganske čestice u suspenziji sa svoje strane djeluju na slabljenje svijetla u vodi. Kako te suspenzije djeluju na slabljenje svijetla u moru, kazuje primjer relativno čiste i prozirne vode Mediterana kod Napulja, u kojoj su suspenzije mnogo više slabile sve zrake nego sama voda (tablica 13).

Tablica 13 prikazuje iznose (u procentima) propuštenog crvenog, zelenog i modrog svijetla, koji bi dospjeli u dubine od 5 i 25 m idealno čiste (č) vode i koji su stvarno nađeni (m) kod Napulja (prema S e y b o l d u iz G e s s n e r a 1940).



Sl. 20. — Postotak stvarno propuštenog svijetla u raznim dubinama morske vode: A, kod Rovinja; B, kod Eddistone (Kanal); C, u Cawsand bay (A po G e s s n e r u, B i C po H a r v e y-u).

Zbog različitih iznosa suspenzija intenzitet svijetla može jako kolebati na jednoj istoj tački. Neka mora se odlikuju općenito boljim propuštanjem svijetla, a druga slabijim. Prva takva su tople i umjereno tople vode otvorenog oceana udaljene od slatkovodnih

pritoka i onečišćenja s kraja, siromašne planktonom, a u druga idu one, koje su pod utjecajem znatnijih slatkovodnih donosa i onečišćenja s kraja ili se odlikuju bogatom planktonskom proizvodnjom, tako na pr. sjeveroevropska mora.

Među bolje osvijetljene vode ubrajamo Jadran i općenito Mediteran. Prema mjerenjima Seyboldovim, u vodama kod Rovinja dopire u dubinu od 50—60 m oko 1.5% svijetla, a intezitet mu odgovara osvjetljenju od 660—440 Hef. svijeća; to je otprilike osvjetljenje, kakvo je nađeno u podne kasnoga jesenskog dana pri tlu neke guste listopadne sjeveroevropske šume (Gessner). — Sličan intenzitet osvjetljenja, kao u Jadranu, našli su Poole i Atkins (1926-27) u Kanalu (sl. 20). Mnogo su nepovoljnije prilike osvjetljenja u sjeveroevropskim morima. Prema Gessneru u Sjevernom moru dopire u dubinu ispod 5 m jedva polovica modroljubičastog svijetla, koje prodire u Jadranu. Uzmemo li još u račun, da u sjevernijim krajevima zbog kosijeg položaja sunca prodire ispod površine znatno manji apsolutni iznos svijetla, možemo zaključiti, da su prilike svijetla u tim morima općenito mnogo manje povoljne za biljni život nego u južnim morima.

Boja mora. Boja mora zavisi, u prvom redu, od selektivne apsorpcije. Zbog nejednakog upijanja raznih spektralnih zraka već u najgornjem sloju brzo slabe i nestaju crvene, a prevladavaju zelene i modre zrake. Zbog selektivne apsorpcije more bi imalo uvijek pokazivati u gornjem sloju zelenkastomodru, a u debelom sloju, radi totalne apsorpcije, crnu boju.

Kako je poznato, more ne pokazuje uvijek zelenkastomodru boju, a crnu ne pokazuje nikada. Mjesto toga javljaju se, prema mjestu i vremenu, razne nijanse duboko modre, modre, modrozelene, zelenkastomodre, zelene i maslinastozelene boje. U južnim i osobito tropskim morima vlada obično na površini modra boja, dok sjeverne vode, osobito u obalnim područjima, pokazuju često zelenkaste ili žućkastozelenkaste tonove. No nije nemoguće naći modru boju i posred oslađenih i hladnih polarnih mora, kao i zelenkastu u toplim i slanim obalnim vodama tropa — znak, da temperatura i slanoća kao takve ne utječu na pojavljivanje raznih boja mora i da pored selektivne apsorpcije postoje još i drugi faktori, koji određuju boju morske vode. (Radi se o boji, koja pripada morskoj vodi kao takvoj, a ne potječe od reflektiranja neba, oblaka i t. d.).

Razni autori iznose razne faktore kao uzrok različnih nijansa u boji mora (Bunsen, Soret, Wittstein-Spring). U posljednje vrijeme prevladava mišljenje, po kojemu od raznih faktora nijedan ne vrši isključivo djelovanje, nego svi utječu na boju mora. Pri tome često prevladava ili potpuno dominira sad jedan, a sad drugi ili treći faktor. Otale različita boja mora.

Ako je morska voda vrlo čista i prozirna zbog toga, što sadržava vrlo malo čestica u suspenziji, boja vode zavisi ponajviše od selektivnog rasipanja zraka svijetla. Pod rasipanjem zraka razumijevamo njihovo skretanje s pravocrtnog puta na stranu zbog odbijanja od molekula vode i čestica u suspenziji. Ako su čestice u omjeru sa zrakama malene, mnogo više skreću i rasiplju se zrake kraćih nego zrake duljih valova. Ako su čestice velike, rasipanje raznovrsnih zraka je jednolično. Prvi slučaj dolazi kod molekula vode. Budući da su one (oko 100 mμ) manje i od najkraćih valova svijetla, od njih se odbijaju i rasiplju modre zrake otprilike deset puta jače od crvenih (selektivno rasipanje modrih zraka) i one daju modru boju. Stoga je ona naravna boja bistre morske vode, u kojoj je relativno malo anorganskih čestica ili planktona. Modrilo je, prema Schüttovoj izreci, pustinjska boja mora. Radi selektivnog rasipanja modrih zraka morska voda ni u najdebljim slojevima ne pokazuje se crna. Kad je voda manje prozirna, kad ona sadržava obilje čestica u suspenziji, koje su mnogo veće od zraka najvećih valovnih dužina, od njih se podjednako odbijaju sve zrake. Kako tu dolaze pretežno one, koje preostaju nakon selektivne absorpcije, dakle zelene i modre, to se one i odbijaju, i more se tada očituje u svojoj prvotnoj zelenkastomodroj boji.

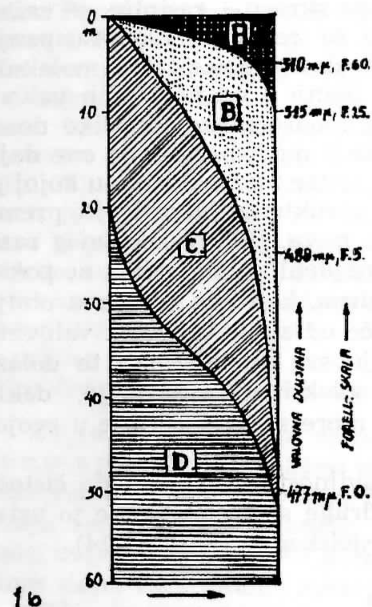
Prethodno izlaganje objašnjuje pravilnost odnosa između čistoće i prozirnosti s jedne i njezine boje s druge strane, kako je to ustanovljeno na pr. na raznim točkama Wedelskog mora (tabl. 14).

Tablica 14

Srednja dubina (m), u kojoj Sekijeva ploča postaje nevidljiva	Boja morske vode gledana odozgo
35	tamnomodra
27	modra
18	modrozelena
12	zelenomodra
9	zelena

U nekim slučajevima prozirnost vode snizuje, pored obilne suspenzije, još i neka žuta otopljena boja (Wittstein-Springova kemijska teorija), koja je kemijski srodna s huminskim tvarima i potječe s obale (Pettersson 1934) ili se, što je vjerojatnije, ima smatrati proizvodom izmjene tvari kod bilja (Kalle 1938). Zbog prisutnosti ovog »žutila« boja mora skreće više prema zelenom ili žućkastozelenom tonu.

Starija teorija difrakcije (S o r e t) tumačila je pojavu zelenkaste boje mora spomoću odbijanja zraka svijetla od većih anorganskih i organskih čestica. Po toj teoriji u prisustvu velikog mnoštva čestica crvene i žute zrake se od njih odbijaju, prije nego ih absorbira morska voda, pa stoga u reflektiranom svijetlu ne prevladava modra boja, nego su jake također crvena i žuta komponenta, te mješavina svih triju boja daje zeleni ton.



Sl. 21 — Shema pokazuje odnos dubine, prozirnosti vode, boje vode te veličine sudjelovanja (→) faktora, koji određuju boju vode: rasipanja (D), apsorpcije (C), otopljenog žutila (B) i boje stranih primjesa (A).

U skrajnim slučajevima, kada je voda jako onečišćena stranim primjesama i prozirnost vode ne iznosi nego samo koji metar, i sama b o j a p r i m j e s e kao takve određuje boju mora. Odatle žućkasta i maslinastozelena boja vode, kakve se češće javljaju na pr. u lukama. U takvim je slučajevima boja mora zapravo boja stranih elemenata u moru.

Pojedini od navedenih faktora, i to selektivna apsorpcija, selektivno rasipanje zraka, otopljena žuta boja ili strane primjese, sudjeluju, prema mjestu i vremenu, sad u većoj, a sad u manjoj mjeri tako, da je boja mora u svakom slučaju rezultanta sudjelovanja raznih veličina spomenutih faktora (sl. 21).

L i t e r a t u r a:

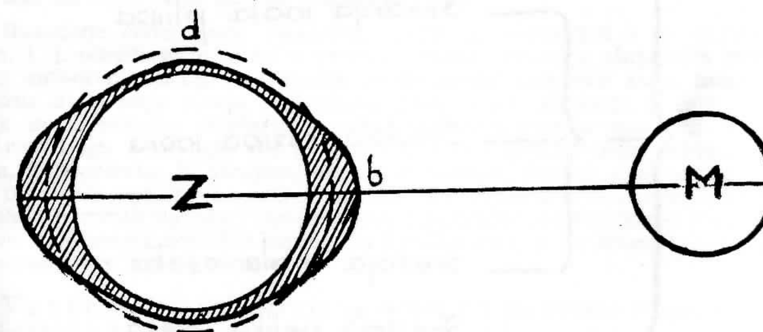
ATKINS W. R., CLARKE G. L., PETTERSSON H., POOLE H. H., UTTERBACK C. L. and ANGSTRÖM A. (1938), Measurement of marine daylight. Journ. du Conseil 1938. — BEEBE W. (1935), 923 Meter unter dem Meeresspiegel, Leipzig. — GREIN K. (1913), Untersuchungen über die Absorption des Lichtes im Seewasser. Annal. Instit. océanogr. Paris, A ser. t. V. — KALLE K. (1938), Zum Problem der Meerwasserfarbe. Annal. der Hydrographie usw. Bd 66. — PETTERSSON H. (1938), Submarine daylight and the transparency of sea water. Journ. du Conseil X. — POOLE H. H. and ATKINS W. R. G. (1926—27), On the penetration of light into sea water. Journ. mar. biol. assoc. XIV, 1. — POWEL M. and CLARKE G. L. (1936), The reflection and absorption of daylight at the surface of the ocean. Woods Hole Oceanogr. institut. Coll. Repr. 1936.

M o r s k a d o b a i s t r u j e

Morska doba

M o r s k a d o b a označuju periodično dizanje i padanje morske razine, koja nastaju zbog djelovanja privlačnih sila sunca i mjeseca na vodene čestice. Pored struja ona su drugi oblik gibanja vodenih masa, koja znatno utječu na život morskih organizama u području obale.

Zbog privlačnih sila sunca i mjeseca na površini oceana nastaje val, a njegov je brijeg okrenut prema strani, s koje dolazi privlačenje. Zbog takve deformiranosti oceanske površine nastaje i drugi brijeg vala na dijametralno oprečnoj strani oceana, te oba vala slijede gibanje privlačnih tjelesa (shema 22). Na taj način svakom tačkom oceana prijeđe za jednog lunarnog dana (24 sata i 50 minuta)



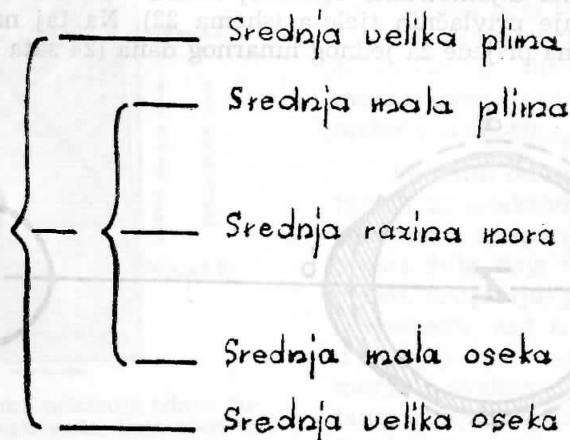
Sl. 22. — Shema postanka dvostrukog vala plime djelovanjem privlačne snage mjeseca (M); b = brijeg, d = dol vala.

svaki od spomenutih dvaju valova, a to znači, da se na svakoj tački u to vrijeme izvrše dva dizanja (plime) i dva padanja (oseke) vodene razine. Prema tome period plime i oseke zajedno traju 12 sati i 25 minuta. I tako dolaze tokom lunarnog dana dva plimska vala. No zbog konfiguracije oceanskog dna i obala jedan od njih može biti slab ili sasvim neznatan, a u skrajnjem slučaju dolazi samo jednokratna dnevna plima. Prema zapažanjima L o r e n z o v i m (1863) ovaj slučaj dolazi i u jednom dijelu sjevernog Jadrana.

Privlačenje je mjeseca na vodene čestice — zbog njegove relativno velike blizine — otprilike 2.2 puta jače od privlačenja sunca, premda je masa sunca neuporedivo veća. Ako privlačenja sunca i mjeseca djeluju u istom pravcu, komponente privlačenja se zbrajaju i nastaju velika morska doba ili velika plima i oseka (engleski

S p r i n g t i d e s), i ove dolaze u vrijeme mlađa i uštapa (sizigija). Ako pravac sunčeva privlačenja stoji okomito na pravcu mjesečeva privlačenja, učinak se djelovanja djelomično ukida i nastaju mala morska doba ili mala plima i oseka (engl. N e a p t i d e s), koje su najizrazitije u vrijeme prve i posljednje mjesečeve četvrti. Razlike u visini morske razine u vrijeme velikih i malih plima prikazane su shematski na sl. 23.

Pored sunca i mjeseca na rasprostiranje i visinu plimskog vala utječu i drugi faktori, a među njima konfiguracija morskog dna i kopnenih obala. Radi toga je visina plima katkada već na bliskim tačkama znatno različita. Naročito je tamo velika, gdje se more sužava u uski kanal, kao u La Mâncheu (kod brda Saînt Michel u



Sl. 23. — Shema kolebanja morske razine za vrijeme velikih i malih morskih doba

Normandiji plima je oko 15 m visoka), i iznad plitkih brakova. Na visinu plime utječu također barometarski tlak i vjetrovi. Plime su veće u vrijeme niskog barometarskog tlaka i u vrijeme južnih vjetrova (š i r o k o), a manje u vrijeme visokog tlaka i sjevernih vjetrova (b u r a). Utjecaj ovih dvaju faktora u područjima malenih plima može biti veći od utjecaja nebeskih tjelesa i mogu ga sasvim prekriti. Radi toga visina oseke u vrijeme niskog tlaka ili južnih vjetrova može biti veća od razine plime u vrijeme jakog tlaka i sjevernih vjetrova.

Niske plime dolaze naročito u zatvorenim morima, kao što je Mediteran, gdje razlike između visoke i niske vode iznose prosječno samo 40 do 70 cm.

Ritmičko mijenjanje plime i oseke može uzrokovati u blizini obale strujanje morske vode izmjenično od otvorenog mora prema obali i od obale prema otvorenom. To su t. zv. p l i m s k e s t r u j e, koje u uskim kanalima ili na plićinama mogu doseći znatnu brzinu.

Morske struje

P o j a v a i m j e r e n j e s t r u j a. Na fenomen morskog strujanja upućuju nas: a) prividno spontana kretanja neživih predmeta, na pr. zatvorenih boca, dijelova razbijenih brodova, dasaka i dr., koji plivaju na morskoj površini, b) promjene osobina morske vode, osobito slanoće, na istoj točki, c) skretanje brodova s određenog pravca plovidbe, t. j. razlike između astronomske točke, do koje brod stigne nakon nekog vremena plovljenja, i točke, koja je određena pravcem (kompasom) i brzinom, d) direktna opažanja spomoću aparata za mjerenje struja (strujomjera).

Navedene četiri vrste opažanja mogu se upotrebiti i za m j e r e n j e struja, t. j. određivanje njihova pravca i brzine. Gibanja plutajućih predmeta, na pr. zatvorenih boca, i skretanja broda mogu nam dati samo konačnu rezultantu djelovanja struja na nekom putu, a ne pokazuju brzinu i pravac struja na pojedinim dijelovima puta. Jedino mjerenja spomoću s t r u j o m j e r a mogu nam dati sve podatke za točno upoznavanje pravca i brzine struja, no upotreba je strujomjera na otvorenom oceanu u dubokim vodama zbog tehničkih poteškoća rijetko moguća. Kao indeksi struja u dubinama služe fizikalne (naročito slanoća i temperatura) i kemijske (osobito kisik) razlike vode, no ove nam mogu poslužiti samo kao kvalitativna, a ne kvantitativna osnova za upoznavanje naravi struja.

V r s t e s t r u j a. Struje se razlikuju po svome smjeru i brzini, po fizičkoj i kemijskoj naravi vode i po stepenu stalnosti. S obzirom na s m j e r razlikujemo naročito h o r i z o n t a l n e i v e r t i k a l n e s t r u j e. Prve premještaju vodu na površini ili u dubini u horizontalnom smjeru, druge vrše izmjenu vode između površinskih i dubinskih slojeva u vertikalnom pravcu. Sve te struje mogu imati veću ili manju brzinu. S obzirom na f i z i č k o - k e m i j s k u narav razlikujemo napose t o p l e i h l a d n e s t r u j e. Prve imaju topliju, a druge hladniju vodu od okoline. Pored temperature struje se razlikuju obično većom ili manjom slanoćom.

Mnogi, a naročito anglosaksonski oceanografi razlikuju struje (streams) od driftova (drifts). Prve su stalne i pravilne, imaju veću brzinu (40—80 milja na dan) i jasniju granicu prema okolnoj vodi. Driftovi su manje stalni i pravilni, manje brzi i s manje jasnim granicama.

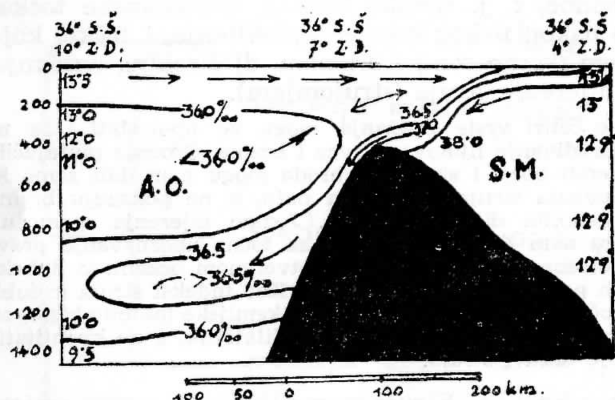
U z r o c i s t r u j a. Glavni uzrok horizontalnih struja leži u postojanom djelovanju vjetra.

Površinske čestice vode u kretanju povlače sobom čestice vode ispod sebe i predaju im dio svoje brzine, pa tako se i one pomiču u

pravcu horizontalnog strujanja. Brzina ovog strujanja ispod površine pada u geometrijskoj progresiji s dubinom. U nekoj dubini — to je t. zv. dubina trenja — gibanje vode je praktički 0. Dubina trenja kod inače jednakih uvjeta pada sa sve većom geografijskom širinom.

Dok pasat brzine na pr. od 9 m/sek. u 10° geogr. šir. uzrokuje strujanje vode do dubine od 170 m, na 55° geogr. šir. olujni vjetar brzine od 16 m/sek. uzrokuje strujanje samo do dubine od 135 m.

Drugi je glavni uzrok strujanja razlika u gustoći. Vode raznih gustoća — analogno tekućinama raznih specifičnih težina u spojenim posudama — pokazuju razliku u visini razine, i ta razlika je uvjet strujanju vode više razine prema vodi niže razine. Izrazit pri-



Sl. 24. — Struje u Gibraltarskom tjesnacu. (Po Schottu).

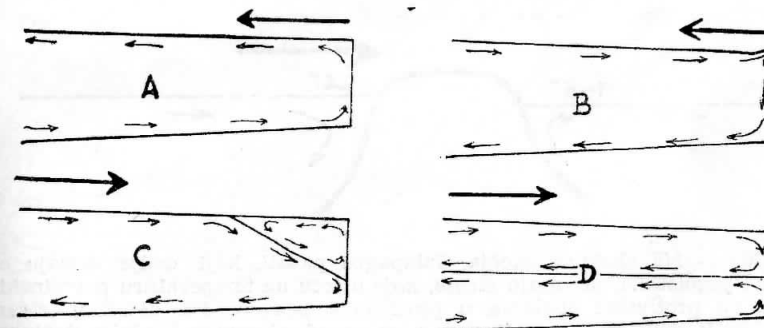
mjer ovakva strujanja javlja se u tjesnacima, koji spajaju vodene bazene nejednakih gustoća, kao na pr. gibraltarski tjesnac i tjesnaci, koji spajaju Baltik sa Sjevernim morem.

U Mediteranu je ishlapljivanje jače od pritjecanja slatke vode, razina njegove površine pada ispod razine u susjednom Atlantiku, i zbog toga nastaje strujanje na površini iz njega u Mediteran. Za naknadu u dubini nastaje struja u protivnom pravcu (sl. 24). Vode površinske Gibraltarske struje se osjećaju uzduž obala sjeverne Afrike, uz obale Sirije, a javljaju se i u Jadranskoj struji, koja na istočnoj strani Jadrana teče u pravcu sjeverozapada, uzduž albanske i jugoslavenske obale, a na zapadnoj se vraća u protivnom pravcu. Površinsko i dubinsko strujanje, sasvim analogno onom iz Atlantika u Mediteran, ide također iz Baltika u Sjeverno more preko Kategata i Skageraka.

Razlike u gustoći vode uzrok su naročito vertikalnim strujama. Voda, koja je ishlapljivanjem postala gušća, kao što to biva naročito u žarkom pojasu, ili je zbog jakog ohlađivanja postala specifično teža, kao što to biva u visokim širinama, tone, a na njezino mjesto dolazi laganija dubinska voda.

Pored vjetrova i razlika u gustoći vode na postanak novih struja ili na tok dosadašnjih djeluju još i drugi faktori, među kojima su najvažniji: uvjeti kontinuiteta i rotacija zemlje. Uvjeti kontinuiteta ne dopuštaju u morskoj vodi praznih prostora i traže, da se strujom odnesena voda nadomjesti susjednom, koja pritječe na njezino mjesto. Tako nastaju t. zv. kompenzacijske struje, koje su vrlo važne u prometu vodenih masa.

Evo nekoliko značajnijih primjera kompenzacijskog strujanja (sl. 25). Vjetar, koji duva od obale prema otvorenom, na pr. bura na

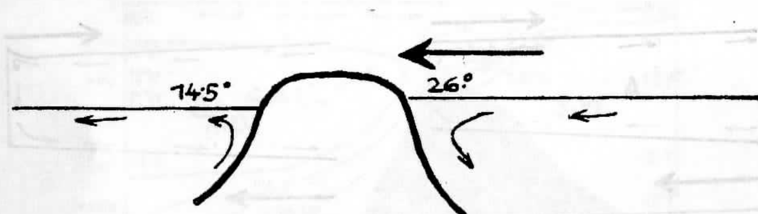


Sl. 25. — Sheme raznih kompenzacijskih struja (tumačenje u tekstu).

Jadranu, uzrokuje površinsko strujanje, koje nosi vodu od obale prema otvorenom. Namjesto odnesene površinske vode pridolazi voda dubljih slojeva, i tako se javlja ispod površine struja protivna pravca prema shemi (sl. A). Novonadošla voda na obali ima druga fizička i i kemijska svojstva (drugačiju slanoću, temperaturu, sadržaj kisika i t. d.) nego površinska, i po tome se može lako prepoznati. Ova činjenica objašnjuje pojavu, po kojoj zbog intenzivnog djelovanja vjetrova s obale temperatura morske vode na površini može pasti samo u jednom danu za desetak i više stepena C. — Analogno, no posve protivno djelovanje imaju vjetrovi s mora (na pr. široko na Jadranu), koji uzrokuju struju u pravcu prema obali i tu znatno podižu morsku razinu (sl. B). Zbog tih činjenica isti vjetar može uzrokovati s jedne strane strujanje vode u pravcu prema otoku, a s druge (u zavjetrini) u pravcu od otoka. U tom slučaju površinska voda na strani okrenutoj prema vjetru ima druga fizička i kemijska svojstva nego

ona u zavjetrini, gdje s kompenzacijskom strujom pritječe dubinska voda (sl. 26). Ako je u blizini obale na površini sloj znatno laganije vode (na pr. u blizini riječnog ušća), može djelovanjem vjetra nastati sistem strujanja, kako je prikazan na shemi (sl. 25, C.). Na površini, gdje je granica slanije i manje slane vode, sukob je obilježen pjenom, nanosom alga, koje plutaju, nečistoće i t. d. Ako su u nekom morskom bazenu gornji slojevi odvojeni od donjih jakim termičkim skokom, može nastati zbog djelovanja vjetra sistem strujanja, koji je različit u gornjim i donjim slojevima (sl. 25, D).

Rotacija zemlje djeluje na pravac struje. Zbog djelovanja zemljine rotacije struja ne teče sasvim u pravcu vjetra, nego skreće od tog pravca na sjevernoj polukugli nadesno, a na južnoj nalijevo. Jakost skretanja, t. j. kut, koji čini pravac struje na pravac vjetra, raste s brzinom struje i s geografijskom širinom. Skretanje raste također s dubinom.



Sl. 26. — Na obalama otočja Galapagos pasati, koji ovdje duvaju od istoka-jugoistoka, uzrokuju struje, koje utječu na temperaturu površinskih voda na protivnim obalama u protivnom pravcu. Na istočnoj strani pritječe k obali topla površinska, a na zapadnoj znatno hladnija dubinska voda. (S c h o t t).

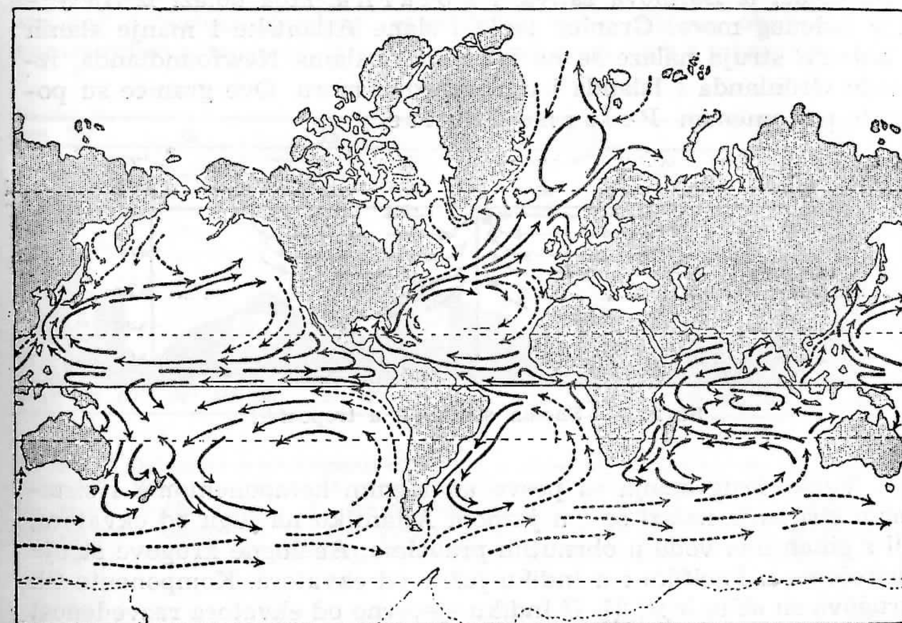
I uzdušni tlak utječe na postanak struja. Porast tlaka utječe na padanje, a pad tlaka na dizanje morske razine. Nejednake visine vodenih razina teže, da se izjednače, i tako se stvaraju uvjeti strujanja.

S i s t e m   o c e a n s k o g   s t r u j a n j a   n a   p o v r š i n i. Jedna je od novijih tekovina oceanografskog istraživanja spoznaja, da sve struje u oceanima tvore povezano, među sobom zavisno i jedinstveno kruženje oceanske vode. Daleko smo još od toga da upoznamo sav promet vodenih masa: danas poznajemo samo obrise površinskog strujanja, a od sistema dubinskog strujanja poznate su nam i to samo kvalitativno i u najkrupnijim crtama tek neke komponente.

Glavnu osnovu s i s t e m a   p o v r š i n s k i h   s t r u j a na oceanima tvore e k v a t o r i j a l n e struje. Ima ih pet: po jedna južno i sjeverno od ekvatora u Atlantiku i Pacifiku, a samo južno od ekvatora u Indiku. One nastaju zbog stalnog djelovanja sjeveroistočnih odnosno jugoistočnih pasata između 20° sjev. i 20° juž. geogr.

širine. One teku u rezultanti djelovanja spomenutih pasata, t. j. od istoka prema zapadu, a zatim, odbijajući se od kopna na zapadnim granicama oceana, skreću prema sjeveru, odnosno jugu. Udaljujući se od ekvatora prema polovima i skretajući zbog zemljine rotacije sve više, svaka od njih, u zajednici sa strujama, koje su s njima genetski povezane, tvori po jedan veliki zatvoreni krug oceanskog strujanja. Takvih krugova ima pet: po jedan u sjevernom i južnom Atlantiku i Pacifiku, te jedan u Indiku južno od ekvatora (sl. 27).

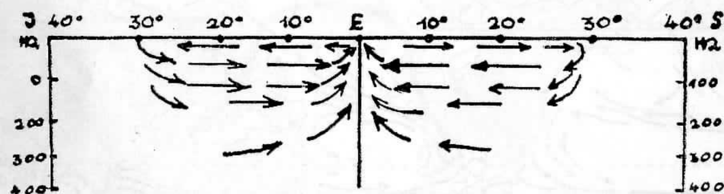
Glavne su komponente s j e v e r o a t l a n t s k o g   k r u g a strujanja, pored navedene s j e v e r o e k v a t o r i j a l n e, još i Z a t o n-



Sl. 27. — Karta morskih struja na površini oceana (B e r g e t). Pune crte označuju tople, a isprekidane hladne struje.

s k a (Gulfstream) i K a n a r s k a struja. Sjeveroekvatorijalna se, nakon skretanja prema sjeveru, cijepa u dva ogranka: jedan prolazi Karipskim morem i izlazi kao jako topla F l o r i d s k a struja, a drugi teče pored vanjske strane Antila kao A n t i l s k a struja. Oba ova ogranka, udružena, daju porijeklo znamenitoj, po naravi toploj i slanoj Zatonskoj struji, koja teče u pravcu sjeveroistoka. Nekako na crti Finisterre—Newfoundland vode Zatonske struje razdvajaju se tako, da jedan dio njih nastavlja svojim tokom u pravcu sjevera

i sjevero-istoka — to je A t l a n t s k a struja —, a drugi dio pod utjecajem zapadnih vjetrova skreće sve više prema zapadu, a zatim prema jugu i tvori takozvanu K a n a r s k u struju. Ova nosi hladnije vode od okolnih i na istoku zatvara veliki krug sjeveroatlantskog strujanja. Sjeveroekvatorijalna, Zatonska i Kanarska struja zatvaraju veliko područje skoro mirnih voda, koje su mjestimice pokrivene plivajućim naseljima alga i poznate pod imenom S a r g a s k o g m o r a, kojemu centar leži približno u 30° sjev. šir. i 52° zap. duž. Atlantska struja se cijepa u svom daljem toku u više sporednih ogranaka, koji se na sjeveru i na sjeveroistoku sukobljuju s južnim ograncima sjevernih ledenih struja, kao što je L a b r a d o r s k a, koja dolazi iz Bafinova zaliva, i P o l a r n a, koja dolazi iz Sjevernog ledenog mora. Granice tople i slane Atlantske i manje slanih i ledenih struja nalaze se na istočnim obalama Newfoundlanda, između Grönlanda i Islanda i u Barencovu moru. Ove granice su poznate pod imenom P o l a r n e f r o n t e.

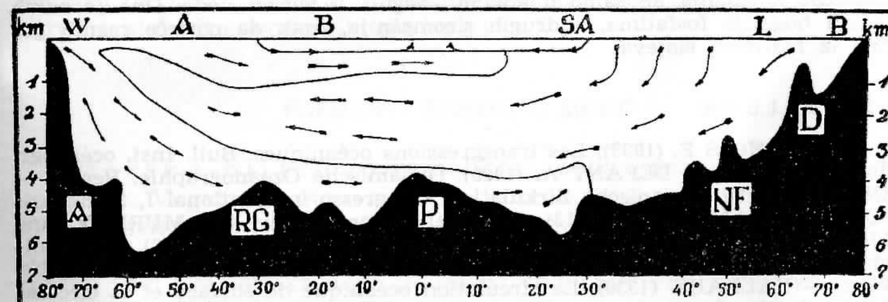


Sl. 28. — Shema strujanja u troposferi.

Veliki krug struja sa posve analognim komponentama i sistemom strujanja nalazi se i u južnom Atlantiku na jugu od ekvatora, ali s gibanjima vode u obrnutim pravcima. Analogne krugove struja susrećemo u Pacifiku i u Indiku južno od ekvatora. Komponente tih krugova su očite iz sl. 27. U Indiku sjeverno od ekvatora razvedenost južnih obala azijskog kopna ne dopušta razvitak potpunog kruga struja. Tu pod utjecajem stalnih vjetrova (monsuna) glavno strujanje mijenja dvaput u godini svoj pravac: zimi pod utjecajem sjeveroistočnog monsuna struja teče najprije u pravcu zapada, a ljeti pod utjecajem jugozapadnog monsuna prema istoku.

Zbog boljeg poznavanja p r o m e t a v o d e u d u b i n a m a — koliko nam je to danas moguće — dijelimo s D e f a n t o m (1929) svu oceansku vodenu masu u dva bloka: u t r o p o s f e r u i o c e a n s k u s t r a t o s f e r u. Troposfera obuhvata oko 400 m debeo površinski sloj tople vode između 30° sjeverne i 30° južne geogr. širine. Drugi, neuporedivo veći blok, koji obuhvaća sav ostatak oceanske vodene mase, i na sjeveru odnosno na jugu od 30° geogr. širine stoji u neposrednom dodiru s atmosferom, tvori o c e a n s k u s t r a t o s f e r u.

U troposferi voda na površini struji od ekvatora prema sjeveru odnosno jugu, i u području između obratnica i 30° širine pada u dublje slojeve, zatim se vraća kao hladna potpovršinska struja, nekako u dubini između 50 i 200 m, prema ekvatoru te se u ekvatorijalnom području ponovo diže prema površini (shema 28). Mnogo je zamršenije i manje poznato strujanje vode u oceanskoj stratosferi. Novija istraživanja, napose istraživanja M e t e o r -ekspedicije, mogla su ustanoviti u Atlantskom oceanu meridionalne komponente velikog interhemisferskog prenošenja vode. Sistem obuhvaća tri sprata (etaže) struja (sl. 29). Gornji sprat tvori s u b a n t a r k t i č n a



Sl. 29. — Dubinsko meridijansko strujanje u zapadnoj atlantskoj zavali. Oznake gore: W, Wedelsko more; A, argentinska zavala; B, brazilska zavala; S. A., sjevero-američka zavala; L, labradorska zavala; B, Baffinov zaliv. Dolje: A, antarktično kopno; R. G., Rio grande prag; P, Para prag; N. F., newfoundlandski prag; D, Davis prag. (Sve nešto shematizirano. Po D e f a n t u.)

i n t e r m e d i j a r n a voda (S = 34.0 — 34.8‰), koja u području južne polarne fronte, dakle nekako oko 50° južne širine, pada ispod površine, a zatim u dubini između 700 i 1000 m struji u pravcu sjevera. Sjeverni ogranci ove vode zapažaju se gdjegdje sve do ispod sjeverne obratnice. — Srednji sprat interhemisferskog dubinskog strujanja u Atlantiku tvori t. zv. s j e v e r o a t l a n t s k a d u b i n s k a v o d a (S = 34.8 — 35.5‰), koja pada na širokom području između sjeverne obratnice i sjeverne polarne fronte na niže, a u sjevernom dijelu sve do dna, a potom struji u pravcu juga. Krajnji južni ogranci ove vode nađeni su ispod subantarktičke intermedijarne vode južnije od 55° juž. šir. — Donji sprat interhemisferskog dubinskog strujanja tvore a n t a r k t i č n e v o d e d n a (S = 34.70‰),

koje u području Antarktika padaju od površine prema dnu, ispunjaju najveće dubine južnog dijela oceana i kazuju tendenciju gibanja prema sjeveru.

Očito je, da pored strujanja vode u meridionalnom pravcu, kako je ovdje shematski prikazano, postoje i sistemi kružnih dubinskih gibanja, no o tome nam je jedva što poznato.

F l u k t u a c i j e s t r u j a. Struje, kao i množine slatke vode, koje rijekama dospijevaju u more, nisu uvijek jednako jake, nego kvantitativno kolebaju od godine do godine. Takve fluktuacije u pritjecanju struja poznate su osobito iz sjeveroevropskih mora. Nekih godina se opaža jače, a drugih slabije ili nikakovo strujanje toplije i slanije atlantske vode kroz vrata Kanala u pravcu prema istoku, a to se očituje u kolebanju slanoće u više godina na istim tačkama Kanala. — Struja atlantske vode, koja teče oko Sjevernog rta (Cap North) u Barencovo more, nekih godina je slaba, i tih godina arktičke vode prodiru daleko prema jugu. Drugih godina ogranci Atlantske struje sežu dalje na istok, a ledena arktička voda zaostaje znatno više na sjever. Struja, koja teče iz Atlantika kroz Faroe-Shetland-kanal u Sjeverno i Norveško more, pokazuje kolebanja ne samo u količini, nego i u naravi vode. Ona je nekih godina bogatija fosfatima, a drugih siromašnija, znak da potječe raznih godina iz različnih slojeva.

L i t e r a t u r a:

LE DANOIS E. (1933), Les transgressions océaniques. Bull. Inst. océanogr. Monaco, No 613. — DEFANT A. (1929), Dynamische Ozeanographie. Berlin. — IDEM (1929), Die ozeanische Zirkulation. Congresso international I, Sevilla. — HELLAND-HANSEN B. (1912), Physical oceanography in: MURRAY and HJORT: The depths of the ocean. London. — LORENZ J. R. (1863), Physikalische Verhältnisse und Verteilung der Organismen im Quarnerischen Golfe. Wien. — VALLAUX (1936), La circulation océanique de surface et la circulation profonde. Annal. instit. océanogr. Paris, XVI.

P o g l a v l j e d r u g o:

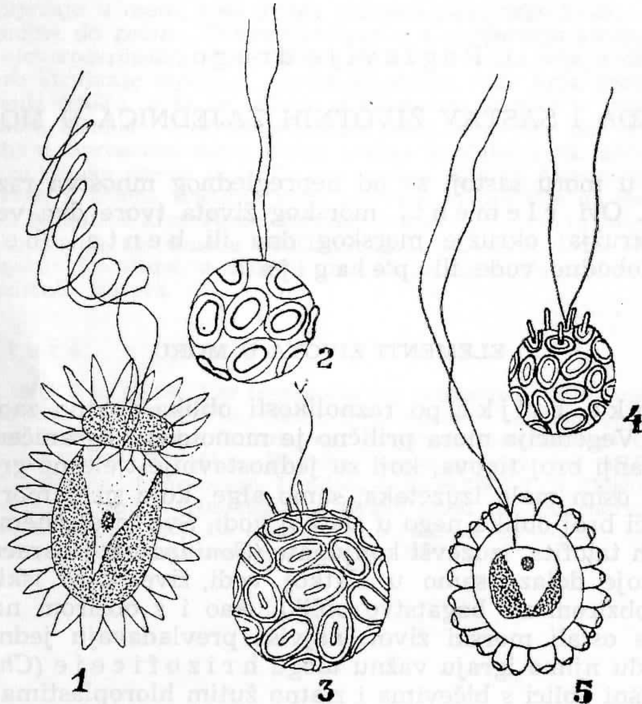
GRAĐA I SASTAV ŽIVOTNIH ZAJEDNICA U MORU

Život u moru sastoji se od nepreglednog mnoštva raznovrsnih živih bića. Ovi e l e m e n t i morskog života tvore dva velika biologijska okružja: okružje morskog dna ili b e n t a l (b e n t o s) i okružje slobodne vode ili p e l a g i j a l.

ELEMENTI ŽIVOTA U MORU

M o r s k e b i l j k e po raznolikosti oblika znatno zaostaju iza kopnenih. Vegetacija mora prilično je monotona i ograničena ponajviše na manji broj tipova, koji su jednostavnije tjelesne građe. Ona obuhvaća, osim malo izuzetaka, samo alge, koje su u moru razvile znatno veći broj oblika nego u slatkoj vodi. Sve više sistematske jedinice ovih talofita, izuzevši konjugate (*Coniugatae*) i haraceje (*Characeae),* koje dolaze samo u slatkoj vodi, žive skoro isključivo u moru. S obzirom na bogatstvo oblika, kao i s obzirom na masu i važnost za ostali morski život, najviše prevladavaju jednostanični oblici. Među njima igraju važnu ulogu h r i z o f i c e j e *(Chrysophyceae),* sićušni oblici s bičevima i zlatno žutim hloroplastima iz grupe flagelata *(Flagellata* ili *Monadophyta).* Među ovima su u moru brojnije zastupane s i l i k o f l a g e l a t e *(Silicoflagellatae)* s kremenim ljušturicama, i k o k o l i t i n e j e ili k o k o l i t o f o r i d e (*Coccolithineae,* sl. 30). Kod ovih su posljednjih ljušturice sastavljene od vapnenačkih pločica ili štapića, koji poslije smrti alga znatno sudjeluju u tvorbi taloga toplijih mora, pa tako i Jadrana. To su vrlo maleni flagelati, koji lako prolaze kroz najfiniju planktonsku mrežu. — Među drugim hrizoficejama bolje je poznata vrsta *Phaeocystis poucheti,* koja tvori hladetinaste kolonije i dolazi katkada u masama u hladnijim morima. — Druga velika grupa pretežno morskih alga su d i n o f i c e j e (*Dinophyceae,* sl. 31) ili d i n o f l a g e l a t e. Tijelo ovih flagelata sa smeđim hloroplastima ima dvije brazde: poprečnu, koja ide oko cijele stanice, i uzdužnu, koja se nalazi na

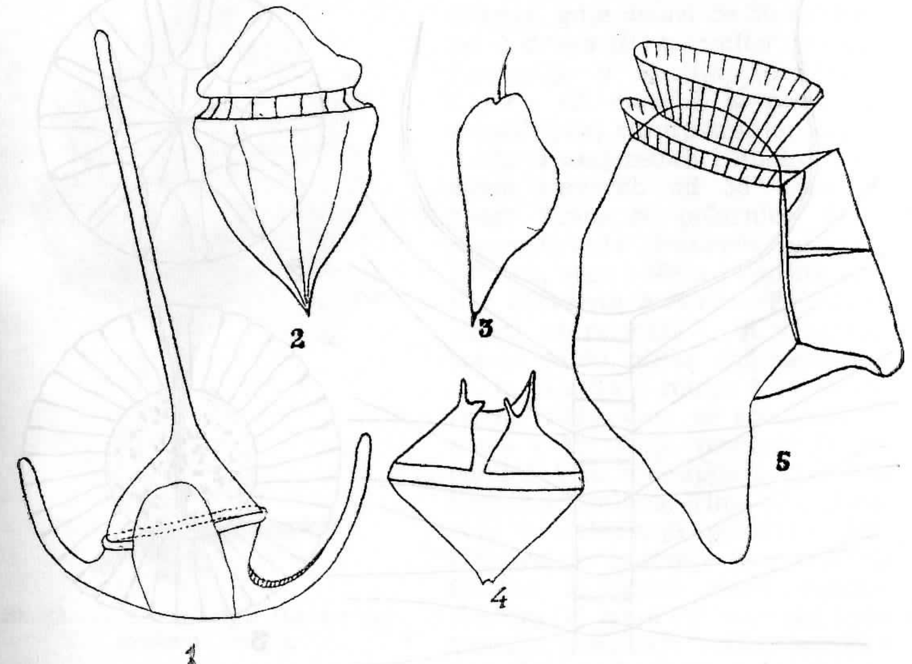
prednjoj strani stanice te ide od sredine poprečne brazde do donjeg pola stanice. Na mjestu, gdje se obje brazde sastaju, izlaze dva biča, koja su orijentirana, analogno brazdama, u različitim pravcima. Tijelo ovih alga je rjeđe pokriveno samo tanjom ili nešto debljom plazmatskom kožicom *(Gymnodiniales)*, a češće je opkoljeno celuloznom ljušturicom iz manjeg ili većeg broja pločica, koje su povezane šavo-



Sl. 30. — Neke kokolitoforide iz Jadrana: 1, *Calyptrosphaera circumspicta;* 2, *Pontosphaera Huxley;* 3, *Syracosphaera pulchra;* 4, *Syracosphaera Molischii;* 5, *Lohmannosphaera adriatica.* (Prema S c h i l l e r u. Sve povećano između 1300 i 2730 puta).

vima (*Peridiniales*). Ove alge dolaze naročito u toplim ili u umjereno toplim vodama, gdje čine važnu kariku u lancu ishrane morskih životinja. — Vrlo važna grupa morskih alga su b a c i l a r i j e (*Bacillariophyceae*) ili d i j a t o m e j e (sl. 32), jednostanični oblici sa žutosmeđim hloroplastima i kremenim ljušturicama. Ove su izrađene iz dva dijela, koja su među sobom sklopljena kao kutijica

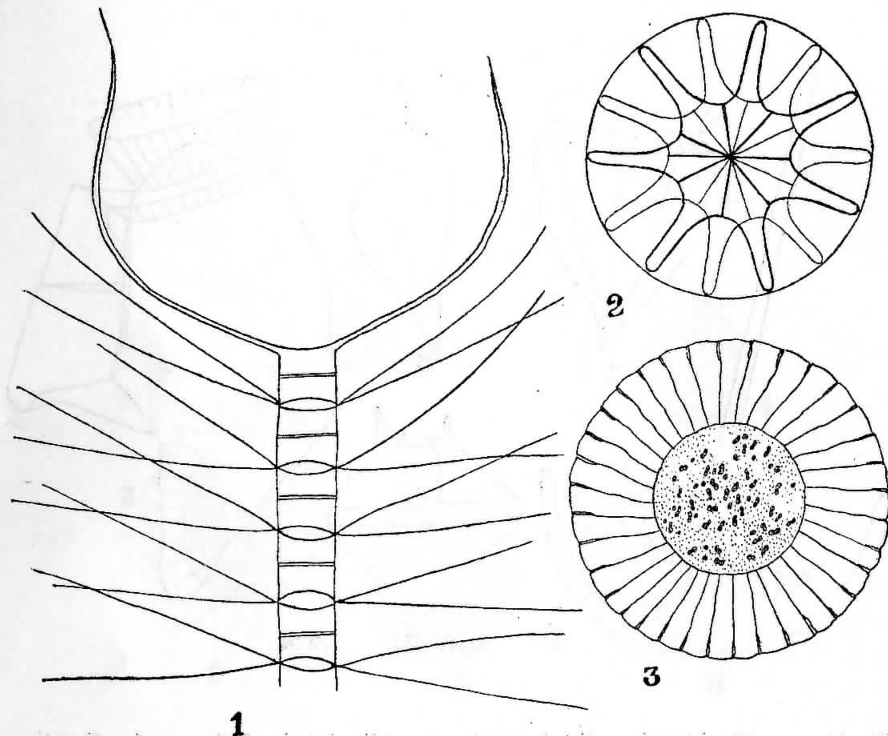
(hipovalva) i njezin poklopac (epivalva), i pokazuju raznolike vanredno nježne strukture. Valve, gledane s lica, produljene su, obično eliptične i bilateralno simetrične (grupa *Pennatae)* ili okruglaste i radijalno simetrične (grupa *Centricae).* Obilje ovih alga dolazi napose u umjereno toplim i hladnim morima, i tu one među svim proizvođačima organske tvari zauzimaju prvo mjesto. — Od k s a n t o f i c e j a *(Xantophyceae)* poznat je u moru samo oblik *Halosphaera viridis,* koja dolazi i u mediteranskom planktonu, naročito



Sl. 31. — Planktonske dinoflagelate (peridineje) iz Jadrana. 1, *Ceratium pulchellum;* 2, *Oxytoxum constrictum;* 3, *Prorocentrum gibbosum;* 4, *Peridinium conicum;* 5. *Dinophysis caudata.*

zimi. Z e l e n e a l g e ili h l o r o f i c e j e *(Chlorophyceae),* koje su obilježene zelenim hloroplastima, razvile su u moru bogatstvo oblika, kakvo ni izdaleka ne poznaju slatke vode. Tako su neke s i f o n o k l a d i a l e *(Siphonocladiales)* razvile znatan broj čisto marinskih rodova *(Valonia, Dasycladus, Acetabularia,* i t. d.), a isto tako i s i f o n a l e *(Siphonales),* koje i po građi talusa i po načinu spolnog umnožavanja pokazuju visok stepen razvitka, kao što su marinski rodovi: *Codium, Udotea,* (sl. 33), *Halimeda, Derbesia, Caulerpa*

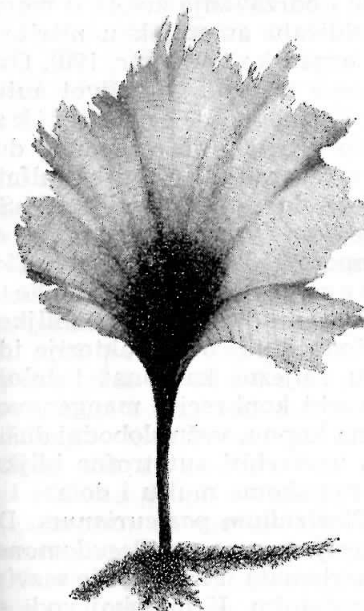
i t. d., a dolaze, kao i sifonokladijale, pretežno u toplijim vodama. S m e đ e a l g e ili f e o f i c e j e *(Phaeophyceae)*, osim malo izuzetaka *(Pleurocladia lacustris, Lithoderma)*, sve su odreda morski oblici i pokazuju vrlo veliku raznolikost u građi talusa i načinu spolnog umnožavanja. Njihova smeđa boja potječe naročito od pigmenta fukoksantina, koji prekriva ostale boje (hlorofil, ksantofil, karotin) hloroplasta. — Isto su tako i crvene alge ili r o d o f i c e j e



Sl. 32. — Neke planktonske dijatomeje iz Jadrana. 1, *Chaetoceras affinis*; 2, *Asterolampra marylandica*; 3, *Planktoniella sol*. (Sve povećano oko 1000 puta).

(Rhodophyceae) sve, osim nekoliko izuzetaka *(Batrachospermum, Lemanea, Thorea)* isključivo morski stanovnici. Njihova boja potječe od naročitih proteidnih pigmenata, fikoeritrina i fikocijana, koji zastiru (maskiraju) obične pigmente. Ovaj se razred odlikuje većim bogatstvom oblika nego feoficeje. — M o d r o z e l e n e a l g e ili c i j a n o f i c e j e *(Cyanophyceae)*, koje također sadržavaju u hloroplastima fikocijana, a ponešto i fikoeritrina, nisu rijetki stanovnici mora, no ograničeni su uglavnom na morsko dno.

Ostalih talofita — osim nekog rijetkog lišaja uz samu obalu mora i nekoliko gljivica — uopće nema u morskoj sredini. To isto vrijedi i za sve kormofite (mahovine, paprati i cvjetnice). Tek oko 40 vrsta cvjetnica iz porodica: *Hydrocharitaceae, Cymodoceaceae, Zosteraceae* i *Posidoniaceae* sekundarno su prešle na život u moru. Vrste prvih dviju porodica rasprostranjene su poglavito u tropskim vodama, između 40^0 sjeverne i 40^0 južne širine. Posidonija dolazi sa dvije vrste, od kojih je jedna (*Posidonia oceanica*) značajna za Mediteran, gdje dolazi do 50 m dubine, a druga (*P. australis*) uz obale Australije u Pacifiku. Rod Z o s t e r a (*Z. marina, Z. nana* i *Z. angustifolia*) rasprostranjen je naročito u umjerenim i hladnim vodama sjeverno od 35^0 sjeverne geogr. širine do polarnice. Areal rasprostiranja obuhvaća ne samo Evropu, nego i Malu i Istočnu Aziju i Sjevernu Ameriku. Fizički su uvjeti za razvitak ovih »morskih trava« rahlo, plitko dno sastavljeno iz pijeska i mulja i relativno mirna voda. One se spomoću rizoma i korijenja pričvršćuju na podlozi i iz nje upijaju vodu sa hranjivim solima. Time one povezuju i stabilizuju pješčano dno. Njihovo je značenje u ekonomiji životne zajednice mora znatno. Zostera (*Z. nana* i *Z. marina*) i posidonija pokrivaju velike prostore uzduž istočnih obala Jadrana.



Sl. 33. — Zelena alga *Udotea desfontaini* (orig.).

Među biljke ubrajamo i b a k t e r i j e *(Bacteriaceae)*. One žive i u moru, ali njih ima mnogo manje tipova, nego na kopnu. Među njima prevladavaju štapićasti i iskrivljeni oblici (napose *Pseudomonas* i *Vibrio)*. Većinom su pokretni, obojeni (oko 75%), maleni (najčešće 2—3 μ dugi, 0.4—0.6 μ široki). Rijetko prave spore, koje su kod kopnenih bakterija česte. Rastu najbolje pri 18^0—20^0 C, a već temperatura od 30^0—40^0 C ih ubrzo ubija. Mogu živjeti i u filtriranoj morskoj vodi, u kojoj je koncentracija otopljene organske tvari vrlo malena.

Morske bakterije, kao i kopnene, razlikuju se najviše prema fiziologijskim osobinama. U tom pogledu ima više važnih grupa. Od najveće važnosti su bakterije v r e n j a i g n j i l j e n j a, koje svo-

jim životnim procesima izazivaju rastvaranje biljnih, životinjskih i uopće organskih spojeva (bjelančevine, mokraćevine, hitina, celuloze, lignina i t. d) i iz njih oslobađaju za život biljaka neke prijeko potrebne spojeve, kao amonijak, ugljični dioksid i fosfate i sudjeluju u tvorbi i rastvaranju morskog humusa. Na taj način — pored autotrofnih biljaka kao proizvođača ili producenata i životinja kao potrošača ili konsumenata one kao pretvarači ili reducenti organske tvari predstavljaju treći faktor, koji je uvjet kruženja organske materije i održavanja života u moru. — Nitrifikacijske bakterije oksidiraju amonijak u nitrite i nitrate (str. 201) i sudjeluju u izgradnji organske tvari (str. 190). Ova njihova djelatnost može biti važna za veće dubine, gdje život autotrofnog bilja zbog nedostatka svijetla nije moguć. Denitrifikacijske bakterije reduciraju nitrate do nitrita i do slobodnog dušika (str. 202). Sumporne sudjeluju u razaranju i u tvorbi sulfata u moru. Neke od njih reduciraju sulfate do sumporovodika (H_2S), kao na pr. *Vibrio desulfuricans*, a druge, kao što su to tiobakterije, oksidiraju sumporovodik do sumpora i dalje do sulfata. Tiobakterije, i to crvene ili rodobakterije i bezbojne ili leukobakterije (str. 190), kao i ostala autotrofna bića (biljke), sudjeluju u izgradnji organske tvari. Među autotrofne bakterije idu i ferobakterije, koje reduciraju željezni karbonat i talože željezni hidroksid. Neke sudjeluju u tvorbi konkrecija manganovog oksida. — Neke druge bakterije, kao i na kopnu, vežu slobodni dušik u dušikove spojeve, kakve jedine može upotrebiti autotrofna biljka. Od ovih bakterija rasprostranjeni su u morskome mulju i dolaze i u planktonu *Azotobacter chroococcum* i *Clostridium pasteurianum*. Da li i u kojemu stepenu neke morske bakterije kao na pr. *Pseudomonas calcis* sudjeluju i u taloženju kalcijeva karbonata u moru, nije sasvim sigurno ustanovljeno, ali se to čini vjerojatnim. U morskoj vodi su vrlo rasprostranjene i svijetleće bakterije ili fotobakterije. Neke od njih žive slobodnim životom u morskoj vodi, ali su većinom epifiti na morskim organizmima, no ima slučajeva, gdje su one svojim simbiotskim načinom života uvjet pojavama svijetljenja kod nekih morskih životinja (pojave bioluminiscencije, str. 161). Za čovjeka mogu biti od neposredne važnosti neke patogene morske bakterije, koje uzrokuju bolesti na nekim morskim organizmima, kao na primjer na »morskim travama«, ribama (n. p. bakalaru) i mekušcima (n. pr. kamenicama). Bakterije *coli* dolaze sàmo u blizini izlijeva. Patogene za čovjeka su u morskoj vodi slabo otporne i u njoj ostaju žive samo kraće vrijeme. Tek uzročnici tifusa i tifoidne groznice su u morskoj vodi (do 34‰ S) znatno otporniji, jer žive u tjelesnim tekućinama školjaka i više sedmica.

Morske životinje pokazuju vanredno bogatstvo osnovnih tipova, jer su u moru nastali svi građevni planovi životinjskog carstva. Nesamo svi glavni tipovi, nego također i najveći broj nižih tipova (klasa) imaju u moru svojih zastupnika. — Od praživotinja *(Protozoa)* u moru su zastupana sva tri glavna tipa: flagelati, cilijati i rizopodi, iako nijedan od njih kao cjelina nije značajan za morsku sredinu. Isto vrijedi i za sporozoe, koje su u cjelini paraziti i stoga zavisne od domadara. Od bičara ili flagelata (*Flagellata*) samo su vrlo malobrojni t. zv. cistoflagelati, srodnici dinoflagelata, isključivo morski organizmi, a njihov najpoznatiji predstavnik *Noctiluca miliaris* (sl. 46) kozmopolitski je oblik. — Od cilijata (*Ciliata*) je za more značajna napose porodica tintinida (*Tintinnidae* sl. 46). — Među rizopodima (*Rhizopoda*) foraminifere su morski stanovnici, a i radiolarije čine isključivo morsku grupu (sl. 46).

Metazoi pokazuju daleko veće bogatstvo tipova u moru nego na suhu i u slatkoj vodi. Spužve *(Spongiae)* dolaze, osim malo slatkovodnih izuzetaka (porodica *Spongillidae*), samo u moru. To isto vrijedi i za knidarije *(Cnidaria)*. Među njima su antozoi skoro bez izuzetka morski stanovnici, a isto tako i skifozoi (osim jednog izuzetka). Samo hidrozoi poznaju malo slatkovodnih izuzetaka (rodovi *Hydra, Microhydra, Cordylophora* i još neki). Amerni crvi plathelminti *(Plathelminthes)* — koji obuhvaćaju osim parasitskih cestoda i trematoda još i turbelare — samo su od česti marinski (od turbelara naročito grupe *Acoela* i *Polycladidea*). — Sve ktenofore *(Ctenophorae)* bez izuzetka su morske životinje. Od ashelminta (*Aschelminthes*) — ne obazirući se na parasitske grupe — gastrotrihi (*Gastrotricha*) i rotatoriji (*Rotatoria*) su rjeđe, a kinorinhi (*Kinorhyncha*) su isključivo morski stanovnici. — Isto tako su pretežno marinski kamptozoi *(Kamptozoa)* i nemertini *(Nemertini)*. — Moluski ili mekušci *(Mollusca)* dolaze i izvan morskog prostora, no istom u moru su razvili veliko bogatstvo rodova i vrsta, i nekoliko strogo marinskih skupina. Amo idu u prvom redu primitivni aplakofori (rod *Neomenia*) i plakofori (*Chiton*). Ipuževi (*Gastropoda*) — osim grupe plućnjaka *(Pulmonata)*, kod kojih mjesto škrga epitel plaštane duplje vrši ulogu pluća — pretežno su morski stanovnici (svi opistobranhiji, većina prosobranhija). Slično su i školjke (*Bivalvia)* pretežno morski stanovnici. Malobrojni niži tip skafopoda *(Dentalium)* kao i glavonošci *(Cephalopoda)* obuhvaćaju bez izuzetka morske životinje. — Anelidi sadržavaju — osim parasitskih mizostomida i parasitskih ili slatkovodnih oligoheta i pijavica *(Hirudinea)* — tri niža tipa, od kojih su poliheti vrlo pretežno, a ehiuroidi i sipunkuloidi svi bez izuzetka morski stanovnici. — Među člankonošcima *(Arthropoda)* golema grupa traheatnih oblika ima u moru samo malo predstavnika, koji su sekundarno prešli (nešto stjenica, grinja i kornjaša)

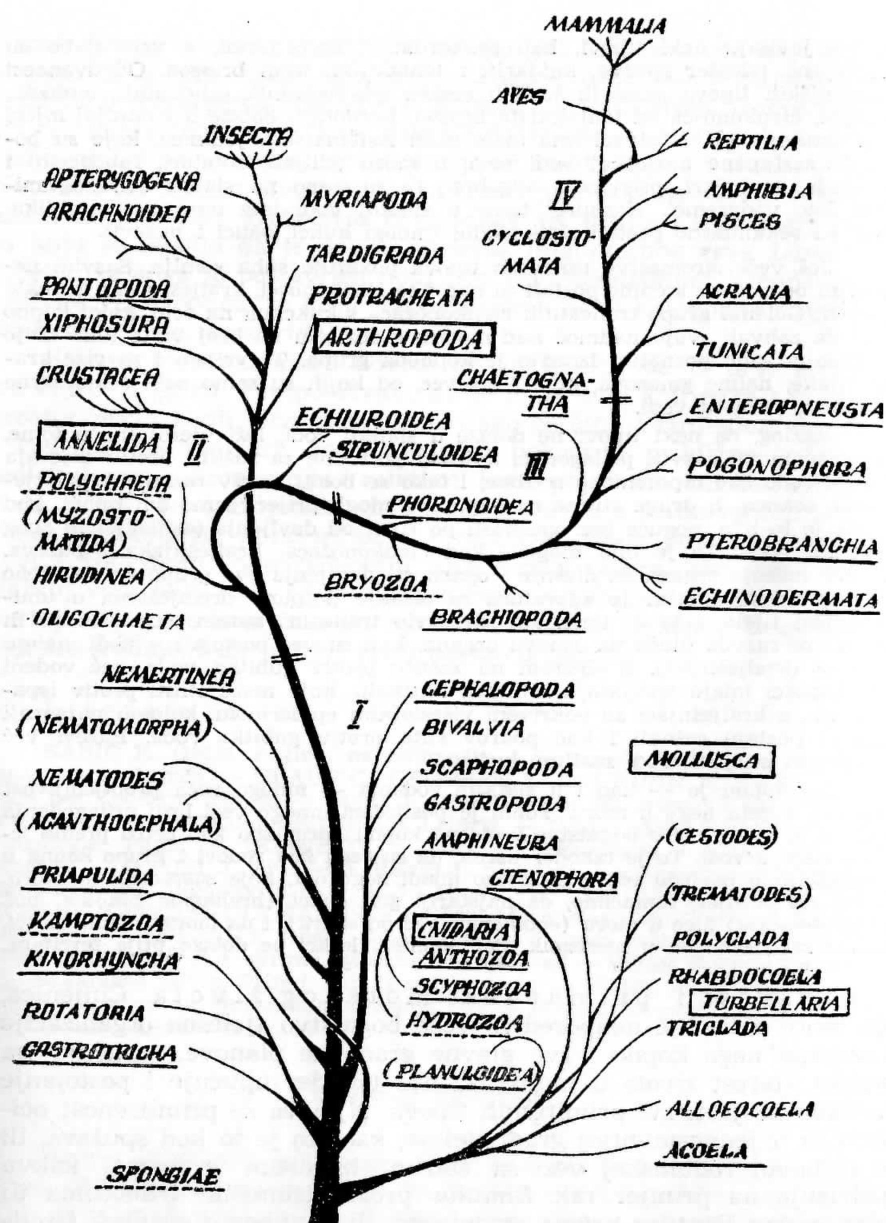
u more. Nasuprot tomu, branheatna grupa člankonožaca zauzima u moru, naročito u planktonu, približno isto mjesto, koje imaju kukci na kopnu, i dolazi sa znatnim brojem nižih tipova. Među njima su ostrakodi, izopodi i amfipodi pretežno, a ciripediji, stomatopodi i shizopodi isključivo ili gotovo skljućivo morski stanovnici. I malobrojni niži tip p a n t o p o d a poznaje samo morske životinje. — Od pet klasa oligomernih crva ili t e n t a k u l a t a samo manji broj b r i o z o a (grupa *Lophopoda* i *Paludicella*) dolaze u slatkoj vodi, inače svi drugi b r i o z o i, zatim f o r o n i d i, b r a h i o p o d i, p o g o n o f o r i i s a g i t o i d i dolaze samo u moru. — Još čistiji su tip morskih životinja p r o h o r d a t i, od kojih oba niža tipa, naime e n t e r o p n e u s t i *(Balanoglossus)* i p t e r o b r a n h i j i *(Cephalodiscus, Rhabdopleura)* obuhvaćaju samo morske životinje. Od b o d l j a r a ili e h i n o d e r m a *(Echinodermata)* ne poznajemo ni jedan oblik iz slatke vode. To isto vrijedi i za p l a š t a š e ili t u n i k a t e *(Tunicata)* i a k r a n i j e (rod *Branchiostoma*). Najviši životinjski tip, naime k r a l j e š n j a c i *(Vertebrata)* dolaze samo djelomično u moru. Od šest njihovih klasa samo c i k l o s t o m i i r i b e dolaze pretežno u moru, dok ostali niži tipovi dolaze primarno samo izvan morske sredine, i samo su neki od gmazova i sisara sekundarno ponovo prešli na život u moru.

Pogled na priloženu shemu (sl. 34[1]) pokazuje, da od 12 metazojskih tipova pet njih dolaze isključivo ili gotovo isključivo u moru *(Spongiae, Cnidaria, Echinodermata, Prochordata, Tunicata* s a k r a n i j i m a), a tri u najvećoj većini (*Annelida, Mollusca, Tentaculata*), dok su samo četiri tipa obilno ili pretežno zastupana također izvan morske sredine (*Plathelminthes, Aschelminthes, Arthropoda, Vertebrata*). Od svih metazojskih nižih tipova ili klasa barem polovica njih — ne uzmemo li u račun pretežno parasitske grupe — dolaze isključivo ili gotovo isključivo u morskoj vodi, dok dvije trećine njih žive isključivo ili pretežno u moru, a istom jedna trećina dolazi obilnije ili isključivo izvan morske sredine.

Iako se more odlikuje bogatstvom građevnih tipova i sadržava sve osnovne životinjske planove i najveći broj klasa, ipak je njegova fauna s obzirom na broj vrsta relativno jednolična, jer prema M ö b i u s u more ne sadržava ni jednu petinu od poznatih metazojskih vrsta. Razlog te jednolikosti leži napose u znatno većoj jednolikosti fizičkih i kemijskih uvjeta njihove sredine. Ta relativna jednolikost naročito se vidi kod morske vegetacije, koja ne kazuje ni izdaleka takvo bogatstvo, kakvo susrećemo na kopnu.

Sasvim oprečne prilike vladaju u slatkoj vodi i na kopnu. Oba ova životna prostora pokazuju znatno manji broj građevnih planova. Izvan mora

[1] I na ovom mjestu zahvaljujem akademiku i univ. prof. Dru J o v a n u H a d ž i j u, koji mi je susretljivo stavio na raspolaganje svoju najnoviju shemu rodoslovnog stabla životinja. Pisac.



Sl. 34. — Rodoslovno stablo životinja. (Po J. H a d ž i j u). Podcrtana imena nepretrgnutom crtom označuju grupe, koje dolaze isključivo, a isprekidanom crtom skoro isključivo u moru. Imena u zagradama označuju parasitske grupe.

se ne javljaju neki tipovi, kao prohordati i ehinodermi, a vrlo slabo su zastupane također spužve, knidariji i tentakulati osim briozoa. Od dvanaest životinjskih tipova samo ih šest ili sedam (plathelminti, ashelminti, moluski, anelidi, člankonošci, od tentakulata briozoi, hordoniji) dolaze u znatnijoj mjeri i u slatkoj vodi. U stvari ima malo viših sistematskih jedinica, koje su bogatije zastupane u slatkoj vodi nego u moru (cilijati, rotatori, rabdocelni i trikladni turbelari, pijavice i oligoheti) ili su samo na slatku vodu ograničeni kao vodozemci. Nasuprot tome u slatkoj vodi ima mnogo više oblika, koji su sekundarno postali slatkovodni (mnogi kukci, pauci i puževi).

Još veće siromaštvo osnovnih tipova pokazuje suha zemlja. Sasvim nezavisni od vodene sredine postali su naročito člankonošci, kralješnjaci i donekle puževi. Golema grupa traheatnih člankonožaca s kukcima na čelu, kojoj kopno ima da zahvali svoju nadmoć nad morem s obzirom na broj vrsta (oko dvije trećine od svih poznatih) izrazito je kopnena grupa. To vrijedi i za više kralješnjake, naime gmazove, ptice i sisavce, od kojih su samo neki sekundarno prešli na život u vodi.

Razlog, da neki tipovi ne dolaze u slatkoj vodi, leži vjerojatno u tome, što nisu mogli razviti prilagodbe, koje su potrebne za zaštitu protiv utjecaja slatke vode kao hipotonične sredine, i tako se boriti protiv razrijeđenosti tjelesnih sokova. S druge strane na kopno su mogli prijeći samo oni tipovi, kod kojih je to bilo moguće bez opasnosti po život od davljenja (asfiksije) ili zbog gubitka vode. To je bilo moguće kod člankonožaca, kralješnjaka i puževa. Protiv sušenja organa za disanje i opasnosti davljenja ove grupe su zaštićene na taj način, što im je aparatura za disanje potpuno premještena u unutrašnjost tijela, i to ili time, što se razvio trahealni sistem (člankonošci) ili što su se razvila pluća na osnovu organa, koji su već postojali u vodi, naime crijeva (kralješnjaci). S obzirom na zaštitu protiv gubitka vode, već vodeni člankonošci imaju spoljašnju hitinsku kutikulu, koja može štititi protiv isparavanja, a kralješnjaci su pokriveni višeslojnim epidermom, kojemu najgornji slojevi postaju rožnati i kao pokrov štite protiv gubitka vode. Puževi već prvobitno imaju u vodi zaštitnu kućicu.

Na kopnu je — kao i u slatkim vodama — mnogo veća promjenljivost životnih uvjeta nego u moru. Tomu je posljedica mnogo veći broj prilagođenja i stoga je mnogo veće bogatstvo vrsta na kopnu (približno kao četiri prema jedan) nego u vodi. To je također uzrok, da su sada živi rodovi i grupe kopna u geologijskom pogledu redovno znatno mlađi nego oni, koje susrećemo u moru. Tako, na primjer, tumačimo, da najstariji živi oblici (brahiopod *Lingula*, puž *Pleurotomaria*) žive u moru (spomenuti već od silura), i da morski člankonošci, naime raci, sežu do u mezozoik, dok kopneni kukci ne dolaze prije tercijara.

Starost i primarnost morskog života. Činjenica, da more pokazuje neuporedivo veće bogatstvo tjelesne organizacije životinja nego kopno i sve glavne građevne planove, upućuje na veliku starost života u moru. Na nju također upućuje i postojanje velikog broja t. zv. primitivnih tipova. Njihova se primitivnost očituje ili u jednostavnijoj građi tjelesa, kao što je to kod spužava, ili u njihovoj rodbinskoj vezi sa starim, izumrlim grupama, kakvu pokazuje na primjer rak *Limulus* prema izumrlim trilobitima ili glavonožac *Nautilus* prema amonitima, ili u njihovoj sličnosti i rodbinskoj vezi s nekim naprednijim, t. j. morfologijski savršenijim grupama, tako među drugima arhianelid *Polygordius*, enteropneust *Balanoglossus*, tunikati, pogonofori *(Lamellisabella)* i branhiostoma. Na

starost života u moru upućuje bez sumnje i činjenica, da najstarija izumrla živa bića, dakle ona, kojih tragove nalazimo u najstarijim zemljinim naslagama, pokazuju sličnost sa sadašnjim (recentnim) živim bićima mora, i iz toga zaključujemo, da su i oni bili morski stanovnici, i da je morski život stariji od života kopna i slatke vode. Napokon na starost života u moru upućuju i otkrića »živih fosila«, među kojima ribe *Latimeria chalumnae* (iz grupe *Crossopterygia)*, za koju se mislilo da je davno izumrla, oligomernog crva *Lamellisabella,* za koga je postavljen novi niži tip *Pogonophora* i jedne primitivne vrste račića, za koju je postavljena nova kategorija najnižih živih raka *(Mystacocarida)*.

Starost života u moru dovodi do zaključka, da je prvi život i nastao u moru. Pretpostavku, da je more bila kolijevka i životni prostor prvih živih bića, potvrđuje, kako se čini, i činjenica, da krv i tjelesni sok morskih beskičmenjaka pokazuju približno jednaku molekularnu koncentraciju i relativni iznos pojedinih soli kao morska voda, a također i činjenica, da i kod kopnenih i slatkovodnih životinja molekularna koncentracija i relativni iznos pojedinih soli u krvi i tjelesnom soku pokazuju bliži odnos prema morskoj nego slatkoj vodi (str. 129). Obje ove činjenice upućuju na zaključak, da postoje tijesni odnosi između morskih životinja i uopće životinja i morske sredine, i da je prvi život nastao u moru.

Literatura:

BABIĆ K. (1911), Pogledi na biologičke i bionomične odnose u Jadranskom moru. Zagreb. — CLAUS C., GROBBEN K. und KÜHN A. (1932), Lehrbuch der Zoologie. Berlin. — CORI J. C. (1910), Der Naturfreund am Strande der Adria und des Mittelmeergebietes, Leipzig. — DANGEARD P. (1933), Traité d'algologie, Paris. — ĐORĐEVIĆ Ž. (1923—27), Zoologija I i II, Zagreb—Beograd. — HADŽI J. (1915—19), Rezultati bioloških istraživanja Jadranskoga mora. Prir. istr. Jugoslavije, sv. 7, 9—10, 11—12, 14. — HAUCK F. (1885), Die Meeresalgen. Leipzig. — OLTMANNS FR. (1923), Morphologie und Biologie der Algen, Jena. — ŠOLJAN T. (1948), Ribe Jadrana. Zagreb. — VORONIHIN N. N. (1945), Rastiteljny mir okeana, Moskva—Lenjingrad. — VOUK V. (1915), Vegetacija Bakarskog zaliva. Prirod. istr. Hrvatske sv. 6. — VOUK V. (1930), Prirodoslovna istraživanja sjeverodalmatinskog otočja Dugi i Kornati. Morske alge. Prirod. istr. Jugoslavije sv. 16.

BENTAL (BENTOS)

Bental obuhvaća organizme, koji žive na ili u morskome dnu, ili su od njega barem zavisni, i to direktno radi hrane, skrovišta ili potreba umnožavanja, ili indirektno time, što u ishrani zavise od bentoskih životinja.

S obzirom na način života, t. j. na odnos bentoskih životinja prema podlozi, razlikujemo vagilne, sesilne i hemisesilne oblike.

V a g i l n i su oni, koji se u potrazi za hranom slobodno i u nekom pravcu kreću na podlozi ili nad njom. Vagilnom tipu pribrajamo i životinje, koje ruju u mekom dnu. Slobodno gibanje na podlozi ima očito prednost pred sesilnošću i lebđenjem (plivanjem), stoga se vagilnost ima smatrati primarnim načinom života svih bentoskih metazoa osim spužava.

U vezi s time primaran oblik je svih metazoa, osim spužava, heterakson i bilateralan, a ne homoakson i radijalno simetričan.

Primaran je način kretanja na podlozi onaj, koji se vrši spomoću undulipodija, t. j. bičeva i trepalja. Ovaj je način značajan za flagelate i cilijate. On dolazi također i kod nekih nižih metazoa, na pr. kod turbelara. Napredniji stepen kretanja je spomoću tjelesnog mišićja, u prvom redu kožnomišićne cijevi. Osebujan način kretanja je spomoću ambulakralnih nožica i dolazi isključivo kod ehinoderma. Najviši stepen kretanja je hodanje, koje se vrši spomoću mišićja posebnih tjelesnih nastavaka, odnosno udova (člankonošci, kralješnjaci).

S e s i l n i oblici uopće nisu sposobni da se pokreću s mjesta, na kojemu ostaju trajno nepomični. Ponajviše su samo odrasli stadiji sesilni. Neki su od njih fiksosesilni, a drugi liberosesilni (R e m a n e). F i k s o s e s i l n i su pričvršćeni spomoću sistema korenolikih tvorba ili rizoida (mnogobrojni biljni oblici, neke životinje kao na pr. krinoid *Rhizocrinus*). L i b e r o s e s i l n i leže nepomično bez ikakvih naprava za pričvršćivanje. To su l e ž a č i, među koje ubrajamo na pr. bentoske foraminifere.

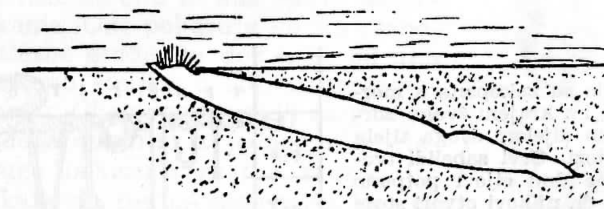
Sesilan način života kod svih je eumetazoa (metazoa bez spužava) sekundarna pojava, koja je znatno utjecala na građu i oblik tih životinja. Stoga predstavnici raznih, katkada filogenetski udaljenih tipova imaju neke zajedničke morfologijske osobine odnosno k o n v e r g e n c i j e. Te su osobine: valjkast ili čašast oblik i u vezi s time radijalna građa tijela; izraščivanje oko usnog otvora posebnih tjelesnih nastavaka, t. j. lovaka ili tentakula, kojima je funkcija prvobitno oćutna i prehrambena, a tek sporedno respiracijska, lokomotorična kao kod hidre i nekih hidromeduza, na pr. *Cladonema*, ili obrambena kao kod knidarija; cikličan raspored perifernih organa (tentakula i ćutila) s modifikacijama, koje su u vezi s prisutnošću analnog otvora (čmara); terminalan položaj usnog otvora; premještanje crijevnog (analnog) otvora prema oralnom kraju; sposobnost nespolnog umnožavanja i kao posljedica toga tvorba korma, a u vezi s time često smanjenje kormijskih individua, redukcija tjelesnih organa (živčevlja, ćutila, mišičja, ekskrecijskog aparata i pomoćnih spolnih organa) odnosno pojednostavljenje tjelesne građe, i napokon izlučivanje zaštitnih skeleta.

Kako sesilni način života utječe na promjenu organizacije filogenetski udaljenih građevnih tipova u pravcu sličnosti ili konvergencije, pokazuju jasno

kamptozoi i briozoi. Obje ove grupe životinja pripadaju različitim i filogenetski udaljenim tipovima, jer kamptozoi pokazuju u osnovi građu amernih (nečlankovitih) crva, dok briozoi pripadaju oligomernim (maločlankovitim) tentakulatima. No sesilni je način života sekundarno doveo obje grupe do tolike sličnosti, da su ih sve donedavna spajali u istu grupu briozoa, u kojoj su razlikovali e n d o p r o k t e, sa čmarom u tentakularnom vijencu (kamptozoi) i e k t o p r o k t e sa čmarom izvan tentakularnog vijenca (briozoi).

Nekako posredno mjesto među vagilnim i sesilnim zauzimaju t. zv. h e m i s e s i l n i (s u b s e s i l n i) oblici. Oni ostaju neograničeno vrijeme na istome mjestu i u tom položaju uzimaju hranu. Ipak se mogu kretati s mjesta, a tom se sposobnošću služe naročito u bijegu, kad im prilike oko njih postanu nepovoljne za život, na pr. u nestašici kisika, vode i t. d., zbog potreba spolnog umnožavanja (potraga za spolom) ili u bijegu pred progoniteljem. Hemisesilni oblici dolaze samo kod životinja.

Mnogi od njih grade cijevi, u kojima se mogu lako kretati, a u nuždi ih napuštaju. Ako ih napuste, izgrađuju nove. Ovi c j e v a š i upotrebljavaju za izgradnju cijevi raznoliku građu. Najčešće im služe za to zrnca pijeska ili

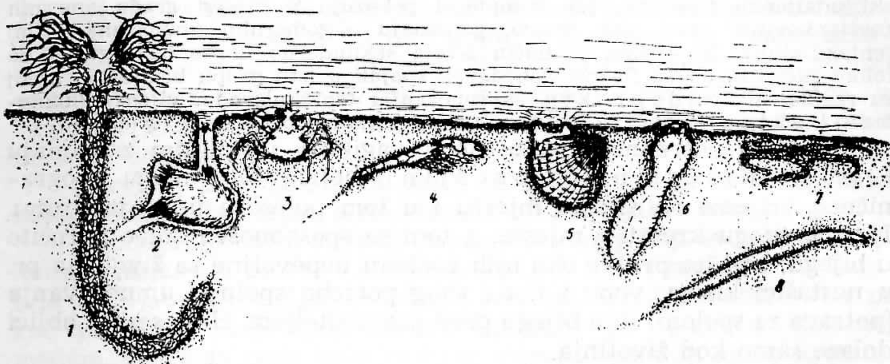


Sl. 35. — Hemisesilni tip životinje *Branchiostoma lanceolatum*, zakopan u pijesku, malo poveć. (H e s s e).

mulja, koja mehanički tijesno sljubljuju jedna uz druga ili ih sljepljuju naročitim sekretom (poliheti). S obzirom na vrstu gradiva i veličinu zrnaca, neki su izbirljivi, dok drugi to nisu. S obzirom na oblik cijevi su u većini slučajeva upravne, no katkada su spiralno uvijene ili u obliku slova U (*Arenicola, Balanoglossus, Corophium volutator*). Cjevaši dolaze u raznim životinjskim grupama, no najviše ih ima među polihetnim crvima. Rasprostranjeni su naročito u finom pijesku gornjeg litorala.

Mnogi hemisesilni oblici leže nepomično neograničeno vrijeme u mekanom dnu. Među takve hemisesilne ležače idu naročito mnoge školjke, zmijure, trpovi, neki raci i branhiostoma (sl. 35). Amo ubrajamo i neke slabo pokretne životinje, koje su donjim dijelom tijela tijesno priljubljene uz osnovu, kao moruzgve, ili su pričvršćene spomoću bisusa kao dagnja (*Mytilus*).

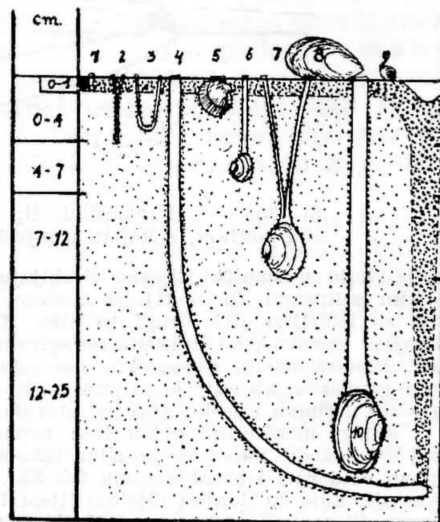
S obzirom na p o l o ž a j bentoskih životinja na morskom dnu razlikujemo s G i s l e n o m epibionte i endobionte. E p i b i o n t i zauzimaju prostor na morskom dnu, i njihove zadruge tvore e p i b i o z e. E n d o b i o n t i žive ispod površine u samom morskom dnu, i njihove zajednice čine e n d o b i o z e (sl. 36). Između epibioza i endobioza ima prelaznih oblika u dvostrukom smislu: onih, koji žive sad u jednoj, a sada u drugoj, i onih, koji jednim dijelom svog tijela pripadaju epibiozi, a drugim endobiozi.



Sl. 36. — Biologijski tipovi endobioza Sjevernoga mora. 1, *Lanice conchilega;* 2, *Echinocardium cordatum;* 3, *Carcystes cassivellanus;* 4, *Callianassa;* 5, *Cardium* 6, *Echiurus;* 7, *Amphiura;* 8, *Nephthys* (iz Gessnera 1940).

Penatularije su zakopane u morskome dnu donjim krajem svoga »drška«, dok većim dijelom svoga tijela pripadaju epibiozi. Crvi sabelidi tvore u morskome dnu cijevi potpuno zakopane tako, da njihovi otvori stoje u razini morskog dna (*Arenicola*, sl. 134). Na taj se način javlja iznad morskog dna biologijsko slojanje, koje sjeća na slojanje kopnene vegetacije (drveta, grmlje, nisko rašće).

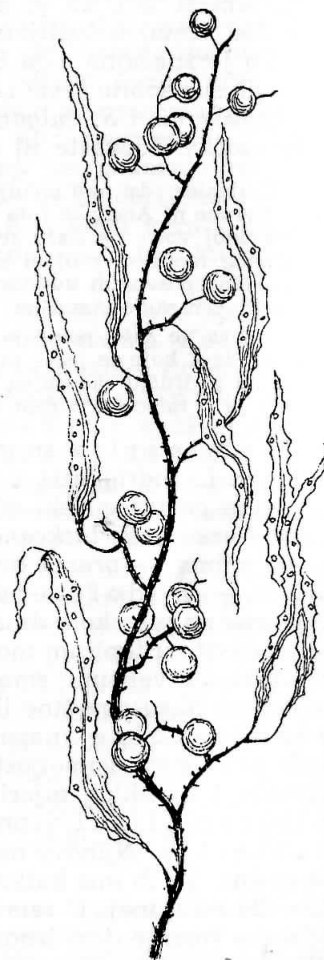
Dubina je ukopavanja endobionata različna. Većina njih ne zalaze dublje od 10 cm, ali neki dopiru i preko 30 cm, tako neki poliheti (sl. 37). Ta dubina je očito u vezi i sa sposobnošću raznih životinja, da podnose manju ili veću oskudicu kisika, koja vlada na morskom dnu.



Sl. 37. — Polushematski prerez morskog dna (iz Baltika). — Razne životinje stanuju u raznoj dubini morskog dna. 1, pužić *Hydrobia ulvae,* 2, cijev crva *Pygospio;* 3, cijev račića *Corophium;* 4, cijev crva *Arenicola;* 5, školjka *Cardium,* 6, *Macoma,* 7, *Scrobicularia,* 8, *Mytilus,* 9 pužić *Littorina* i 10, školjka *Mya* (po Thamdrupu).

Endobiotski život pruža prednosti. U području oseke zakopane životinje su u manjoj opasnosti nestašice vode, jer im i tada ostaje na raspolaganju voda, koja zaostaje u sistemu šupljinica morskog dna.

Biljni (fitobental) i životinjski (zoobental) svijet bentala vanredno je bogat oblicima, kud i kamo bogatiji nego relativno monotoni svijet pelagijala. U fitobentalu dolazi veliko mnoštvo dijatomejskih vrsta iz grupe Pennatae, od kojih su neke pomične i puze po dnu, a druge su pričvršćene i često tvore razgranjene kolonije raznih oblika. One imaju veliku ulogu u ishrani bentoskih životinja. — I morske cijanoficeje su, osim u malo izuzetaka, bentoski stanovnici, koji katkada tvore sluzaste modrozelene ili crvenkaste prevlake na dnu ili na većim algama. — Hloroficeje žive isključivo pričvršćene na morskome dnu ili kao epifiti na većim biljkama. One pokazuju veliku raznolikost tjelesne građe, jer dok neke od njih imaju malenu steljku u obliku nerazgranjenih (na pr. *Chaetomorpha*) ili razgranjenih (*Cladophora*) niti iz jednog niza stanica, druge pokazuju znatno zamršeniju građu i katkada znatne dimenzije, kao na pr. sifonalni rod *Caulerpa* (do 1 m), koji je rasprostranjen u tropskim i suptropskim vodama (u Mediteranu *C. prolifera*). — I feoficeje žive samo u bentosu, i to poglavito u umjerenim i hladnim vodama. Među njima susrećemo veliko bogatstvo oblika, koji se odlikuju raznolikošću građe i umnožavanja. Pored malenih i nježnih oblika iz reda *Ectocarpales*, koji dolaze u obliku nježnih žbunova ili kistova priraslih obično na drugim algama (rod *Ectocarpus* i drugi), dolaze također i veći, a katkada upravo orijaški oblici. Ovi su poznati naročito iz redova *Fucales* i *Laminariales.* Među prvima su osobito rasprostranjena i poznata tri roda: *Fucus*, koji je u Jadranu zastupljen samo s jednom, i to endemičnom vrstom (*F. virsoides*), zatim rod *Cystoseira,* koji dolaze u većem broju vrsta i u Mediteranu (oko dvadesetak vrsta) tvori glavnu masu bentoske vegetacije na kamenitom dnu uz obalu i u manjim dubinama, te rod *Sargassum.* Posljednji dolazi u Jadranu sa dvije do tri vrste (najobičniji je *S.*



Sl. 38. — Smeđa alga *Sargassum linifolium* (Orig.).

linifolium sl. 38), ali je inače vrlo rasprostranjen i bogat oblicima (oko 150 vrsta) u toplijim morima, naročito na australijskim obalama. To je značajna alga Sargaskog mora, gdje dolazi u osam vrsta, od kojih su osobito česte i, kako se čini, endemične tri: *S. bacciferum, S. chamissonis* i *S. vulgare*, koji tvore mnogobrojne sad sitne, a sad veće otočiće žućkaste ili maslinaste boje.

Činjenice, da najtipičniji sargasumi Sargaskog mora ne dolaze na obalama Evrope ni Amerike i da ove biljke otrgnute od svoje osnove brzo ugibaju u slobodnoj vodi, ne slažu se sa starijim mišljenjem, da plivajuća vegetacija Sargaskog mora sa svojom značajnom faunom (oko 50 vrsta), koja je dobro prilagođena posebnim uvjetima života, potječe s obala Antilskih i Bahamskih otoka ili centralne Amerike.

Danas se više pomišlja na mogućnost, da ona potječe s obala kopna (»Atlantide«), koje se je — prema mišljenju nekih geologa — prostiralo u tercijaru na području sadašnjeg Sargaskog mora između Evrope i Sjeverne Amerike te je u miocenu počelo tonuti i sasvim nestalo.

L a m i n a r i j e su gotovo nepoznate iz Mediterana (osim rijetke vrste *L. rodriguezi)*, a sadržavaju brojne oblike, koji u moru čine ogromne guštare. Neki od ovih oblika dostižu vrlo znatne veličine. Tako *Nereocystis lutkeana* naraste preko 50 m u duljinu, a najveće među njima — prema nekim podacima (V o r o n i h i n) — i preko 200 m. — R o d o f i c e j e ili crvene alge dolaze također samo pričvršćene na morskom dnu ili na bentoskim organizmima i pojavljuju se poglavito u toplijim morima u velikom broju oblika, ali ne dostižu ni izdaleka veličinu smeđih alga. Dolaze pretežno u zasjenjenim mjestima blizu površine ili u znatnijim dubinama, tako na pr. v a p n e n a č k e a l g e (napose rodovi *Lithophyllum* i *Lithothamnion)*, koje tvore često gomoljaste, koraste ili listaste tvorbe kamene konzistencije i u velikoj mjeri sudjeluju u tvorbi vapnenačkog kamenja (l i t o t a m n i j s k i vapnenac). — U bentalu žive također mnoge b a k t e r i j e. Njihovo naselje je najgušće u površinskom sloju morskog dna. Tu ih ima katkada po više milijuna u jednom gramu mulja (do 420 milijuna). U samome dnu gustoća pada prema dubini paralelno sa smanjenjem iznosa organske tvari. Žive bakterije su nađene 350 cm ispod površine muljevitog dna, gdje su morale ostati zakopane tisućama godina (Z o B e l l). Bakterijama je najbogatije muljevito dno, a mnogo siromašnije pješčano. Bolje su zastupane aerobne nego anaerobne. Djelatnosti bentoskih bakterija odnose se u prvom redu na rastvaranje vrlo raznolike organske materije, a zatim na redukciju nitrata do nitrita i slobodnog dušika, onda sulfata do sulfida i sumpora, na proizvodnju amonijaka, možda na taloženje vapnenca, a u nekoj mjeri također željeza i mangana.

Z o o b e n t a l pokazuje vanredno bogatstvo viših i nižih tipova i oblika. Od p r o t o z o a su za bental značajni c i l i j a t i. Dolaze najčešće u blizini obala, često pričvršćeni spomoću mišićavog drška,

i to pojedinačno ili u kolonijama. I f o r a m i n i f e r e dolaze vrlo pretežno u bentalu, i to najčešće na pješčanom dnu, na kojemu su mnogi oblici prirasli jednom stranom svoje vapnenačke ljušturice. — Od metazoa su sve s p u ž v e bentoski i strogo sesilni organizmi, koji žive pretežno u plićim obalnim vodama, a samo manji broj u većim dubinama (grupa *Hexactinellida).* Ovi najprostije građeni metazoi čine osebujan životinjski tip, koji ne pokazuje nikakvih bližih odnosa prema ostalim metazoima, pa ni knidarijima i ktenoforama, s kojima su ih donedavna dovodili u bližu vezu i ubrajali u istu grupu *Coelenterata.* Spužve su *Parazoa,* za razliku od svih ostalih višestaničnih životinja ili *Eumetazoa* (H a d ž i). Ipak i spužve pokazuju neka općenita obilježja sesilnih životinja, tako sposobnost tvorbe skeleta, nespolno umnožavanje i tvorbe korma. Kod najveće većine spužava u mezenhimu se razvija naročit skelet složen iz vapnenačkih ili kremenih iglica (spicula) raznih oblika (v a p n e n a č k e i k r e m e n e spužve) ili iz rožanih niti (r o ž a n e spužve), i samo je malo njih bez skeleta *(Chondrosia, Halisarca, Oscarella).* Zbog nespolnog umnožavanja pupanjem ili nepotpunim dijeljenjem dolazi do tvorbe više ili manje masivnih zadruga (korma) raznolikog oblika (stablastih, prstastih, gomoljastih, korastih i t. d.). — U bentosu žive skoro svi p o l i p n i o b l i c i k n i d a r i j a *(Pelagohydra* u planktonu). Gotovo svi su oni, osim subsesilnih aktinija, sesilni i pokazuju u najvećoj mjeri opća obilježja sesilnih organizama, koji su ovdje nastali u vezi prijelaza knidarijskih predaka — vrlo vjerojatno iz grupe rabdocelnih turbelara (H a d ž i 1944.) — na sesilan način života. Njihovo je tijelo dobilo redovno oblik čašice ili valjka, koji je bazalnom plohom prirastao na podlogi, a oko terminalno položenog usnog otvora razvio se veći broj ciklički poredanih tentakula. Najveća većina antopolipa i hidropolipa izlučuju skeletne tvorbe, koje se među sobom znatno razlikuju po načinu građe i po kemijskom sastavu.

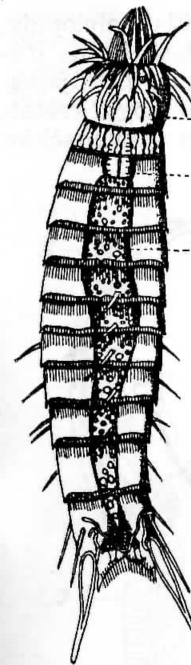
Kod madreporarija (na pr. u Jadranu *Cladocora)*, koje najvećma sudjeluju u građi koraljnih grebena, vapnenački skelet opkoljuje i radijalnim pregradama prožima polipovo tijelo i tako pokazuje, kao i ono, bilatelarnu ili disimetričnu građu. Kod gorgonarija je skelet u obliku stablaste osi, koja je pretežno iz vapnenca *(Corallium)* ili iz rožanine *(Eunicella).* Tubipore imaju skelet u obliku vertikalnih orguljastih cjevčica, u koje se mogu uvući polipi. Kod alcionarija skeletni elementi su slabo razviti, pa je građa njihovih korma više ili manje mesnate ili kožaste konzistencije. Samo manji broj antopolipa *(Cerianthus,* većina aktinija) nemaju nikakvih skeletnih tvorba, a tako ni maleni skifopolipi. Nasuprot tome kormi hidropolipa općenito su zaštićeni hitinskim, rjeđe vapnenačkim *(Milleporidae)* omotačem (periderm). Ovaj se u nekim slučajevima *(Thecata)* neposredno ispod polipova tijela (h i d r a n t a) proširuje u čašastu teku, u koju se može uvući polip.

U vezi sa sesilnim načinom života polipni oblici knidarija pokazuju općenito veliku sposobnost nespolnog umnožavanja, koja je

dovela do tvorbe korma različitih oblika. U njima su jedinke među sobom povezane zajedničkom tjelesnom masom (cenenhimom) i među sobom su povezane, zbog zajedničke ishrane, ili neposredno probavnim (gastralnim) prostorima ili posebnim kanalićima. Solitarni oblici su mnogo rjeđi (*Cerianthus* sl. 109, aktinije). — U vezi s načinom života knidarijski polipi pokazuju visok stepen pojednostavljenja tjelesne građe, kao živčanog i mišićnog sistema, progresivno pojednostavljenje mezenhima i probavnog sistema, redukciju spolnog aparata na same gonade, potpun nedostatak nefridijskog aparata. Najmanje pojednostavljenje kazuju antopolipi, koji se stoga imaju smatrati filogenetski starijim od skifopolipa i hidropolipa.

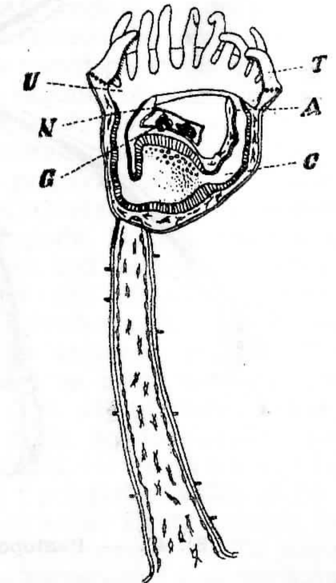
Na osnovu velikog broja solidno utvrđenih činjenica iz područja ekologije, ontogenetike i naročito poredbene morfologije H a d ž i je u najnovije vrijeme (1944.) postavio svoju dalekosežnu turbelarijsku teoriju, po kojoj knidariji potječu od vagilnih praturbelarijskih prednika, koji su imali građu rabdocelnih turbelara. Antopolipi, koji su po građi najbliži turbelarima (bilateralna simetrija unutrašnjih organa, bogatije razvijen mezenhim, gastrovaskularni sustav, ektodermalno ždrijelo) filogenetski su najstariji knidariji. Sesilnost i smanjivanje jedinki u vezi sa tvorbom korma utjecali su na dalji regresivni razvitak prvotnih antopolipa, odnosno na pojednostavljenje tjelesne građe: mezenhima, živčevlja i gastrovaskularnog sistema (crijeva). Tako je došlo do razvitka skifostome i konačno hidropolipa. Teorija H a d ž i j e v a ima pred drugima to prvenstvo, da dovoljno objašnjuje građu i ekologijske odnose knidarija i homologije, koje se očituju u građi njihovoj i u građi turbelarnih crva.

Od morskih p l a t h e l m i n t a t u r b e l a r i su, osim rijetkih izuzetaka, bentoski. Kod kretanja služe im treplje, kojima je pokriven kožni epitel, i tjelesna muskulatura. U vezi s vagilnim načinom života tijelo im je bilateralno građeno s ustima na ventralnoj strani, a nekoji organi, kao genitalni aparat, kazuju visok stepen razvitka, i pored općenito niske tjelesne organizacije. — Morski a s h e l m i n t i su ponajviše bentoski organizmi. Sitni i obično manji od jednog milimetra g a s t r o t r i h i i r o t a t o r i j i kreću se pomoću trepljavog aparata na ventralnoj strani (gastrotrihi) ili oko prednjeg dijela tijela (rotatoriji), i povremeno se, a katkada i trajno (neki rotatoriji) pričvršćuju na podlozi spomoću rašljastog zadnjeg kraja tijela. I sićušni k i n o r i n h i (na pr. rod *Echinoderes*, sl. 39) se lagano kreću po algama ili mulju spomoću kvakica na prednjem dijelu tijela. — N e m e r t i n i, obično spljošteni i vrpčasti, katkada preko 10 m *(Linaeus)* dugi amerni crvi borave poglavito pod kamenjem ili na mulju puzeći lagano ili plivajući spomoću trepalja i tjelesnih kontrakcija. Neki od njih grade cijevi i hodnike, koje iznutra prevlače sekrecijama svog sluzavog i trepljavog kožnog epitela. Od svih nečlankovitih crva najuže su vezani uz podlogu k a m p t o z o i (sl. 40), koji su sasvim prešli na sesilan način života. U vezi s time im se tijelo diferenciralo u podulji, mišićavi i na osnovi pri-



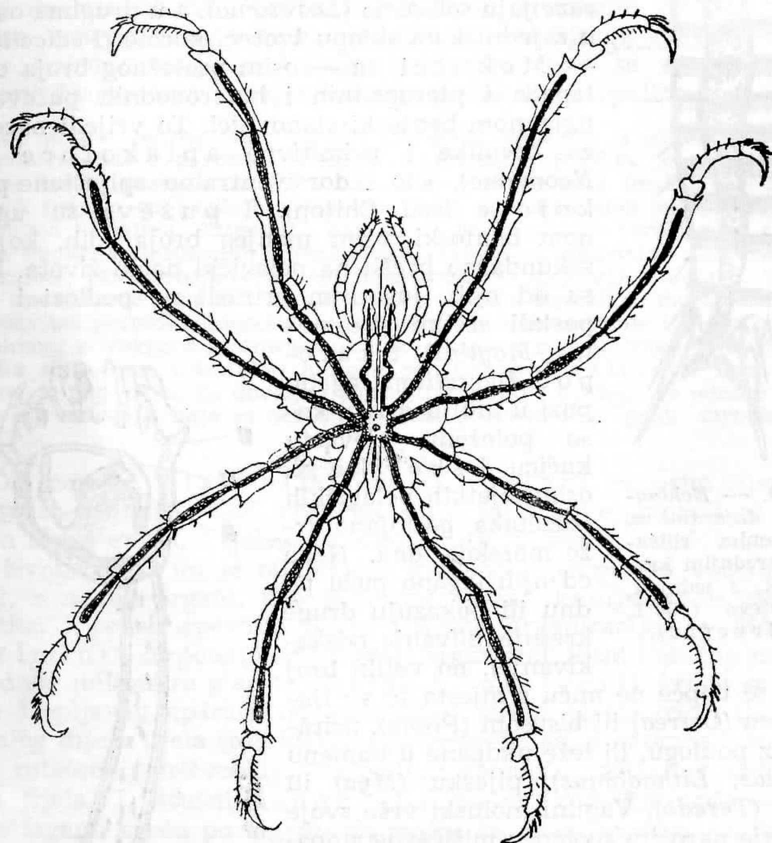
Sl. 39. — *Echinoderes dujardini* sa ispruženim riličastim prednjim krajem R. J jednjak, C crijevo (160:1, po G r e e f f u).

čvršćen držak i u širu čašicu, koja na rubu nosi vijenac trepljavih tentakula. Koža im spolja izlučuje čvrstu kutikulu, a crijevo im je savijeno kao slovo U, a zato je čmar sekundarno dospio na oralno polje, u tentakularnom vijencu (odatle ime: *Endoprocta*). Umnožavaju se i nespolno, pupanjem, i pupoljci se u nekim slučajevima odvajaju i dalje razvijaju solitarno (*Loxosoma*), a u drugima ostaju u zajedničkom sklopu tvoreći korme (*Pedicellina*). — M e k u š c i su — osim pretežnog broja cefalopoda i pteropodnih i heteropodnih puževa — uglavnom bentoski stanovnici. To vrijedi naročito za crvolike i primitivne a p l a k o f o r e (rod *Neomenia*), kao i dorsiventralno spljoštene p l a k o f o r e (rod Chiton). I p u ž e v i su uglavnom bentoski, osim manjeg broja njih, koji su sekundarno prešli na pelagički način života. Neki su od njih ljušturom prirasli na podlozi i tako postali sesilni (*Vermetus, Magilus*). S k a f o p o d *Dentalium* lagano puzi u mulju držeći koso položenu cjevastu kućicu. I š k o l j k e se, osim rijetkih pelagičkih izuzetaka, postojano drže morskog dna. Neke od njih lagano pužu po dnu ili pokazuju druge kretnje (plivanje, odskakivanje), no veliki broj njih se uopće ne miču s mjesta te su ljušturom (*Ostrea*) ili bisusom (*Pinna*), prirasle uz podlogu, ili leže ukopane u kamenu (*Pholas, Lithodomus*), pijesku (*Mya*) ili drvu (*Teredo*). Vagilni moluski vrše svoje kretnje naročito spomoću mišićavog stopala. Te kretnje su općenito lagane, pa se može s time dovesti u vezu tvorba više ili manje jakih vapnenačkih ljuštura, koje su jednostavne (puževi), dvostruke (školjke) ili složene iz više dijelova (*Chiton*), a kod nekih oblika su sekundarno zakržljale ili sasvim nestale, kao kod prosobranhijskih heteropoda i kod opistobranhija. — U ben-



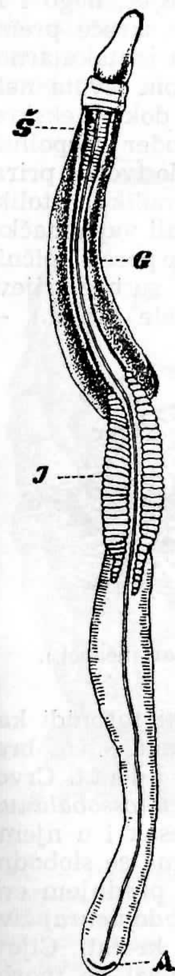
Sl. 40. *Pedicellina echinata*, život. u medijanom prerezu (28:1). A anus, N nefridij, G ganglij, a iza njega ovarij, U usta, C crijevo, T tentakul. (Po C l a u s u).

tosu stanuju i a n e l i d i, osim planktonskih tomopterida i alciopida. Većinom su vagilni i kreću se spomoću tipično izgrađene kožne mišične cijevi i parapodija, koji su oboružani hitinskim četinjama. Neki od njih izgrađuju pješčane cijevi, u kojima se mogu kretati (*Arenicola, Maldane, Capitella*), drugi žive u priraslim vapnenačkim



Sl. 41. — Pantopod *Ammothea pycnogonoides* (Règne animal).

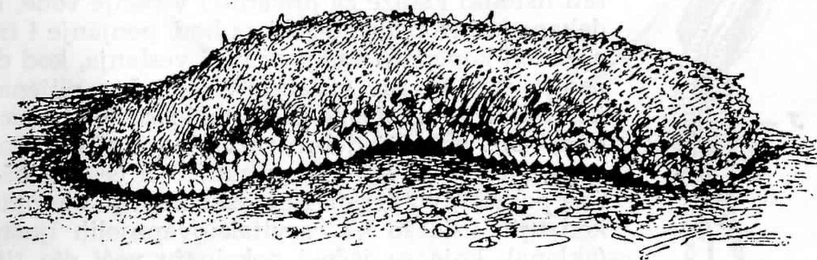
(*Serpula, Spirorbis*) ili kožastim (*Spirographis*) cijevima. U vezi s takvim načinom života njihov prednji i slobodni kraj tijela pokazuje izvjesna odvajanja od stroge metamernosti, koja je tako značajna za polihete. Škrge su razvijene samo na prednjim segmentima tijela (*Terebella*), reducira se prostomij (*Amphictenidae, Terebellidae, Serpulidae*), usta su premještena s centralne strane na kraj tijela (*Serpulidae*), a nastavci glave su pomnoženi. Skrajnji tip bentoskih poliheta čine oblici, koji žive ukopani u kamenu (*Sabella saxicola, Polydora ciliata*). — Strogo bentoska su i ostala dva niža tipa anelida: e h i u r o i d i i s i p u n k u l o i d i. Žive u pješčanom ili muljevitom dnu, a rjeđe u pukotinama kamenja (*Bonellia viridis*).



Sl. 42. — *Glossobalanus minutus*, 1.5:1 nar. vel. — Š škržni otvori, G škržnogenitalna regija, J jetrena regija, A anus. (Po S p e n g e l u).

I r a c i u najvećoj su većini bentoski organizmi, osim kopepoda i filopoda, koji su pretežno pelagički. Oni pokazuju znatan stepen pokretljivosti hodanjem, trčanjem i plivanjem, osim strogo sesilnih ciripedija. U vezi vagilnog načina života kod njih je jako razvijena tjelesna muskulatura, a brojni i vrlo raščlanjeni ekstremiteti su, iako su u osnovi istog tipa, diferencirani i prilagođeni na različite vrste kretanja: kod filopoda su ekstremiteti listoliki i služe za plivanje i vitlanje vode, kod dekapoda i izopoda su jaki za hod, penjanje i trčanje, kod kopepoda rašljasti radi veslanja, kod ciripedija vitičasti za vitlanje vode i lov plijena, a nemaju ih samo strogo parasitski rizocefali (*Sacculina*). Oni imaju i dobro razvijena ćutila, tako za opip antene, pa statičke organe, oči često složene i na pokretljivu dršku. Bentoski život je vjerojatno kod njih utjecao na razvitak ovapnjelih ljuštura (oklopa), koje su jače i pokrivaju veći dio tijela kod oblika, koji su tjesnije vezani uz morsko dno (stomatopodi, većina dekapoda, kumacei, ostrakodi). Osobito je jaka ljuštura kod sesilnih ciripedija, koji su se zatiljkom pričvrstili uz podlogu, i taj je kraj kod nekih (*Lepas*) izvučen u dugi i mišićavi držak. Kod njih ljuštura sadržava pet ili više vapnenačkih pločica, koje se mogu potpuno zatvoriti. — P a n t o p o d i (sl. 41) su strogo bentoski i provode vagilan način života naročito na morskim algama i hidroidima. — T e n t a k u l a t i su bez izuzetka bentoski i ponajviše sesilni ili hemisesilni organizmi, a taj način života ostavio je vrlo dubok trag u njihovoj tjelesnoj građi. To jasno pokazuju b r i o z o i. Ove kormijske i u personama većinom mikroskopski malene životinje (kormi su znatnijih razmjera) zaštićene su spolja kutikulom (ektocista), koja je kod morskih oblika najčešće impregnirana vapnencem. Ona poput kutijice okružuje s bokova i odozdo tijelo životinje, dok na

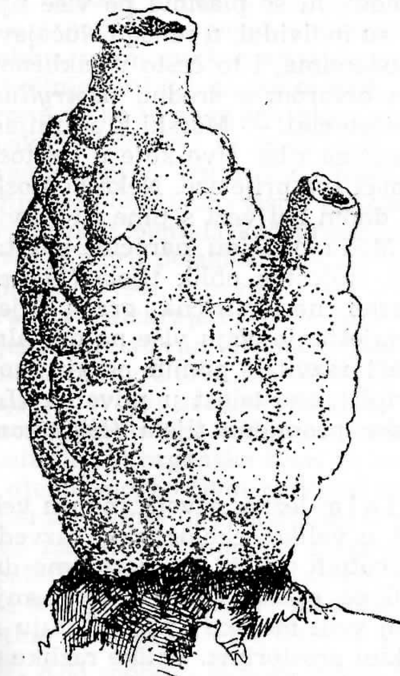
gornjem kraju ostaje otvorena, i na taj otvor životinja može ispružiti napolje i spomoću naročitih mišića strelimice uvući natrag prednji, polipoidni, dio tijela s tentakulima na vrhu. Trepljasti tentakuli su kod morskih oblika poređani u zatvorenom vijencu, oko usta, te služe ne samo za vitlanje vode, opskrbu hranom i osjet, nego i za disanje. Crijevo, koje ide najprije prema dolje, opet skreće prema prednjem kraju te se dorsalno, u blizini usta, ali izvan tentakularnog vijenca, završava čmarom. U vezi sa sesilnim načinom života neki unutrašnji organi su vrlo reducirani (nervni i spolni), dok su ekskrecijski i krvožilni sasvim nestali. Umnožavaju se također nespolnim načinom t. j. pupanjem, pa tako dolazi gotovo uvijek do tvorbe priraslih korma, u kojima su članovi pravilno udruženi u grmolike, listolike ili rasprostrto krpaste tvorbe, tvrde (najčešće rožane ili vapnenačke) konzistencije. Pri tome često dolazi do polimorfizma, jer pored tipičnih individua, koji vrše posao ishrane, dolaze i drugi, koji su bez crijeva i tentakula i vrše naročite zadaće (avikularije, ovicele i t. d.). —



Sl. 43. — *Holothuria tubulosa*, 1/3 nar. vel. (Aquar. neapol.).

Po tom istom briozojskom tipu su građeni i bentoski foronidi kao *Phoronis*, koji žive u cijevima, i dvoklopnim školjkama slični brahiopodi (*Terebratula*). — U bentosu žive i h e m i h o r d a t i. Crvoliki h e l m i n t o m o r f i (*Glandiceps, Balanoglossus, Glossobalanus*, sl. 42) buše svojim mišićavim žiru sličnim rilom pijesak i u njemu prave hodnike, koje učvršćuju spomoću sluzi, i u njima se slobodno kreću. Kod njih srećemo prvi put škržne otvore na prednjem crijevu. Maleni p t e r o b r a n h i j i (*Cephalodiscus, Rhabdopleura)* žive u pričvršćenim cijevima, u kojima se mogu slobodno kretati. Cijevi su katkada povezane zajedničkim stolonima, i tu dolazi do tvorbe pravih korma (*Rhabdopleura*). S ovakovim polusesilnim načinom života može se dovesti u vezu i građa pterobranhija, koji, iako su u osnovi visoke tjelesne organizacije (tvorba škržnog crijeva, jačeg dorsalnog nervnog centra te prahorde, trimerna podjela celoma), pokazuju znatne spoljašnje sličnosti s briozojima (tvorba tentakularnog vijenca, savijanje crijeva u obliku potkove i premještanje

čmara na dorsalnu stranu bliže ustima). — Bentoski su i svi — osim vrlo rijetkih izuzetaka — e h i n o d e r m i. Među njima k r i n o i d i su ili samo u mladosti (*Antedon*) ili za cijelog odraslog života (*Pentacrinus*) sesilni i žive pričvršćeni na podlozi spomoću dugog i člankovitog drška. Očito s time u vezi imaju petozraku građu, čašast oblik tijela i vijenac ručica oko usnog otvora, čmar na oralnoj strani u blizini ustiju i jaki potkožni skelet iz vapnenca. Ostali ehinodermi (ehinoidi, asteroidi, ofiuroidi, holoturioidi) očito su sekundarno više ili manje pokretni, a pokreću se spomoću ambulakralnih nožica. No ta je pokretnost vrlo slaba, osobito kod holoturioida, koji leže na boku produženog tijela (sl. 43), pa su stoga oni kao malo koji drugi, osim strogo sesilnih, tijesno vezani uz morsko dno. U vezi s time su očuvali neke osobine sesilnih predaka, vjerojatno tipa recentnog polusesilnog cefalodiskusa, i to u prvom redu više ili manje jaki vapnenački potkožni skelet, a zatim općenito radijalnu građu. Izuzetak čine u tom pogledu samo holoturiodi, kod kojih je sekundarno radijalne građe nestalo, a vapnenački skelet je znatno zakržljao. — Za bentos su značajne od t u n i k a t a a s c i d i j e (sl. 44), koje su strogo sesilne (osim pirosoma, koje su naknadno prešle u plankton). Sesilni način života je i kod ovih životinja, koje pripadaju najvišem glavnom tipu životinja (*Chordonia*), imao kao posljedicu veliko pojednostavnjenje tjelesne građe, koja u larvalnom stadiju pokazuje znatno viši stepen organizacije (prisutnost »repa« s hordom, živčevljem i mišićjem). Njihovo je tijelo obično vrećastog ili cjevastog oblika, s vijencem izrastaka oko tjelesnih



Sl. 44. — *Phallusia mammillata* (orig.). Usamljena ascidija, koja je u odraslom stadiju stražnjim krajem tijela nepomično pričvršćena na podlozi, a na prednjem dijelu nosi oba tjelesna otvora: usni i izmetni. Iako ona pripada životinjskom tipu visoke tjelesne organizacije, ipak zbog sesilnog načina života pokazuje oblik jednostavne vrećice, koja niti nije raščlanjena u dva dijela: u prsa i zadak, kao što je to slučaj kod nekih drugih predstavnika sesilnih plaštaša (na pr. kod roda *Clavellina*).

otvora, te je spolja zaštićeno obično jakim hladetinasto hrskavičnim plaštem iz tunicina (tvar hemijski identična s celulozom). Budući da su jednim krajem pričvršćeni na osnovi, katkada spomoću posebnog drška, crijevo im je savijeno, a odvodni otvor sa čmarom dospio je na dorsalnu stranu obično u blizinu usta. Neki unutrašnji organi su ili sasvim nestali (horda, ekskrecijski aparat) ili jako zakržljali (nervni sustav reduciran uglavnom na dorsalni ždrijelni ganglij i ćutilne organe). Pored spolnog umnožavanja također je često pupanje, i tada dolazi do tvorbe korma. Ovi su povezani zajedničkim stolonima, na kojima nastaju novi članovi, ili se plaštovi po više njih slijevaju u zajedničku masu, u kojoj su individui, u mnogo slučajeva, povezani u pravilnim grupama ili sistemima, i to često u cikličnom rasporedu sa zajedničkim odvodnim otvorom u sredini (*Botryllus*). — U bentosu žive i akraniji (*Branchiostoma*). — Morski kralješnjaci, među koje ide većina ciklostoma i većina riba, žive koje u bentosu, a koje u pelagijalu, i tu je moguće naći sve prijelaze. Neke bentoske ribe tijesno su povezane s morskim dnom i u vezi s time su razvile izvjesne morfologijske prilagodbe. Među ove idu naročito gubitak ili zakržljalost mjehura za plivanje, spljošten oblik tijela (*Pleuronectidae, Lophius, Raia*), sekundarno nesimetrična građa tijela (*Rhombus, Solea, Pleuronectes*), premještanje očiju više na dorsalnu stranu (*Uranoscopus, Trachinus*), jači razvitak prsnih peraja, koje pomažu pri pokretanju na dnu (*Trigla*), zaostalost u plivanju (*Lophius*, sl. 118.), znatne morfologijske promjene tijela (*Hippocampus*) i t. d.

Razlog bogatstvu bentala leži u prvom redu u velikoj raznolikosti životnih uvjeta, t. j. u velikoj ekologijskoj razvedenosti morskog dna. Velike razlike životnih uvjeta na morskome dnu zavise od različne fizične građe podloge, raznog geografijskog smještaja, dubine i t. d., dok u slobodnoj vodi morske struje djeluju na izjednačenje životnih uvjeta na velikim prostorima. Velike razlike na morskome dnu nisu mogle ostati bez utjecaja na razvitak vrsta, koje su prilagođene tim posebnim uvjetima.

Velika je razlika između morskog bentala i bentala slatkih voda. Ne samo što ovdje živi mnogo manji broj životinjskih tipova, nego su također ovdje sasvim rijetki sesilni oblici. Češći su neki oblici mikrofaune (vorticelide, rotatoriji), a od većih oblika malo zastupnika spužava (*Spongellidae*), hidroida (*Hydra*) i briozoa (porodica *Lophopoda*), školjka *Aetheria* i neke pričvršćene larve kukaca. Razlog tom siromaštvu vjerojatno je u tome, što je useljavanje priraslih morskih oblika na ušćima rijeka protiv struja jako otešćano (H e s s e).

Primarnost bentala. Ima više činjenica, koje upućuju na to, da je prvi život nastao u plitkom, u prvom redu obalnom bentalu (litoralu) i da se je odatle raširio s jedne strane u pelagijal, a s druge strane u duboki bental. Prije svega u plitkom bentalu vladaju općenito za život najpovoljniji uvjeti sredine. Tri osnovna elementa potrebna za život, naime uzduh, voda i svijetlo tu se nalaze u najtjesnijoj povezanosti. Prilike obalnog bentala jako prijaju u prvom redu biljkama, koje tu nalaze, osim dovoljno svijetla, znatnije iznose hranjivih soli, koje more sadržava u minimalnim količinama, kao fosfata, nitrata, a možda još nekih drugih. One se tu najbrže obnavljaju bilo s kopna spomoću slatkovodnih pritoka ili iz većih morskih dubina spomoću konvekcijskog strujanja. U tom području su i za životinje prilike najpovoljnije, jer tu ima za njih najviše biljne hrane, te su tu zbog znatnijeg miješanja sa zrakom znatno veći iznosi kisika, i konačno tu je moguće kretanje na podlozi, koje očito ima prednost pred sesilnošću i plivanjem. Za primarnost bentala govori i njegovo bogatstvo višim i nižim životinjskim tipovima. Konačno za primarnost bentala kao prvog biotopa govori i nevjerojatnost, da je život u moru pelagičkog ili abisalnog porijekla. Pelagijal zbog nepovoljnih uvjeta, u prvom redu siromaštva hranjivih soli u minimumu, predstavlja skrajan i stoga sekundaran biotop, a time se i objašnjuje njegovo relativno siromaštvo biljnim i životinjskim tipovima kao i činjenica, da čitave planktonske grupe, kao ktenofore i salpe, pokazuju po svojoj građi i strukturi bentosko porijeklo. Dubokomorsko dno ne može biti kolijevka života, jer u njemu ne postoje uvjeti za proizvodnju organske tvari fotosintezom (nestašica svijetla), pa se je u njemu mogao život razvijati tek pošto se razvio iznad njega u gornjim slojevima (u pelagijalu), čime je bila osigurana njegova ishrana. Sve navedene činjenice govore za to, da je plitki, u prvom redu obalni bental prvobitni biotop, u kojemu se razvio prvi život mora i iz kojega je on prešao najprije u slobodne vode pučine, a paralelno s time ili kasnije i na duboko dno.

Kod mnogih biologa prevladava mišljenje, da je otvoreno more (pelagijal) kolijevka života i da je planktonski način života primaran. Neki temelje to svoje mišljenje na činjenici, da velika većina bentoskih životinja ima svoje mladenačke stadije u planktonu. Međutim ova činjenica se objašnjuje već time, što bentoske životinje oslobađaju svoje spolne proizvode u more, koje struje raznose u slobodnu vodu. Time im je otvoren put u prostrani biotop, koji im nudi obilje sitne hrane u suspenziji i zaštitu protiv grabežljivaca, kojih prvobitno nije bilo u pelagijalu, i mogućnost nesmetanog rasprostiranja (H a d ž i). Činjenice, da pelagijal ne sadržava nikakav poseban viši biljni ili životinjski tip i da gotovo svi planktonski tipovi metazoa — kojih je znatno manje u planktonu nego u bentosu —

pokazuju očito bentosko porijeklo (meduzni oblici knidarija sa sifonoforama, apendikularije, salpe, raci i malobrojni oblici turbelara, nemertina, anelida, moluska i t. d.) upućuju na zaključak, da je otvoreno more sekundaran biotop, koji je naknadno naseljen organizmima porijeklom s plitkoga morskog dna.

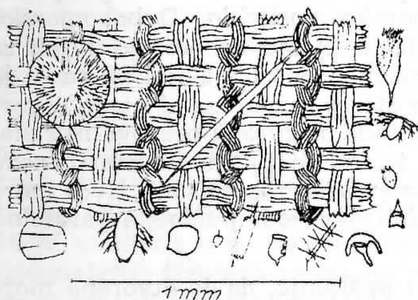
L i t e r a t u r a :

GISLEN T. (1929—30), Epibioses of the Gulmar Fjord I and II, Krist. Zool. Station utg. av. K. Svenska Vet. Akad. No 3—4, Stockholm. — HADŽI J. (1927), Einige allgemein wichtige Resultate einiger Untersuchungen über Coelenterata. Verhandl. der X intern. zoolog. Kongr. Budapest. — HADŽI J. (1944), Turbelarijska teorija knidarijev, Ljubljana.

PELAGIJAL

Pelagijal čine živa bića, koja žive u slobodnoj vodi neovisno od morskoga dna. On sadržava dvije biologijske grupe organizama: plankton i nekton.

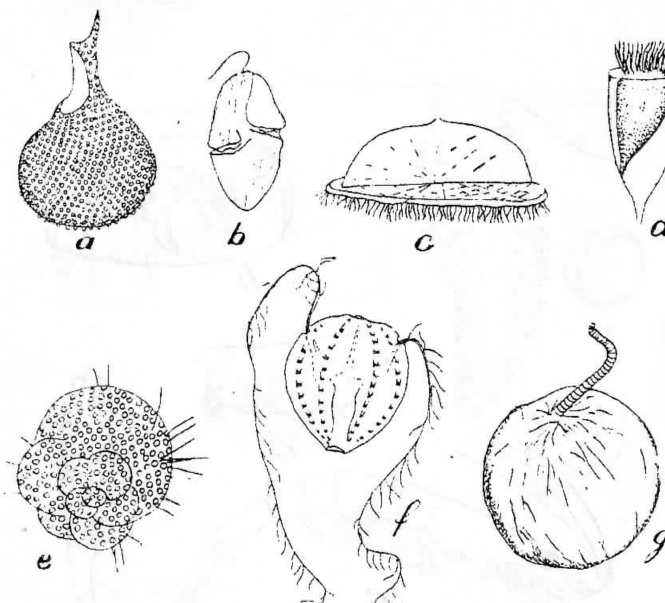
P l a n k t o n



Sl. 45. — Povećana planktonska mreža iz svilene gaze br. 20. U istom omjeru su povećani neki planktonski organizmi. Horizontalni red od lijeva nadesno: *Coscinodiscus granii, nauplius* stadij III roda *Acartia,* larva školjke, *Prorocentrum micans, Ditylum, Dinophysis, Chaetoceras, Ceratium tripos.* Vertikalni niz odozgo: *Favella, nauplius* stadij I roda *Acartia, Stenosomella, Ceratium furca.* Na mreži: *Coscinodiscus vailsii* i *Rhizosolenia semispina,* dvije neobično velike dijatomeje.

P l a n k t o n (H a e c k e l) obuhvaća zajednicu živih bića, koja ne raspolažu znatnijim sposobnostima za kretanje i u svojim pomicanjima s mjesta bitno zavise od gibanja vode.

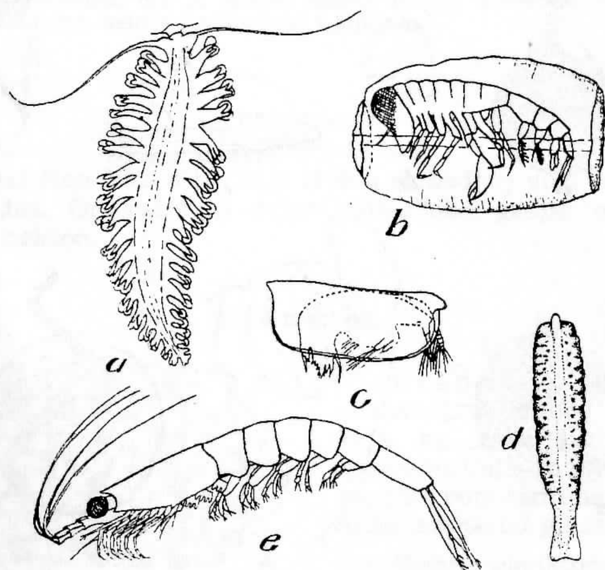
Većina planktonskih životinja mogu spomoću različitih tjelesnih organa vršiti samostalne kretnje i plivati, no njihove kretnje nisu dovoljno jake, da bi se životinje mogle spomoću njih oduprijeti gibanju vode. I tako pomicanja planktonskih bića s mjesta ne zavise od njihove aktivnosti, nego od gibanja vode, koja ih nosi. — Pod pojmom s e s t o n (K o l k w i t z) razumijevamo sve, što lebdi u vodi: živa bića ili plankton i nežive čestice ili t r i p t o n (W i l h e l m i). — Po veličini razlikujemo makroplankton, mezoplankton, mikroplankton i nanoplankton. M a k r o p l a n k t o n označuje oblike, koji su dovoljno veliki, da ih prepoznajemo već prostim okom. M e z o p l a n k t o n obuhvaća manje, a m i k r o p l a n k t o n još manje oblike. Jedni i drugi su tako maleni, da je za njihovo raspoznavanje potrebna upotreba mikroskopa. No jedni i drugi su dovoljno veliki, da ih lovimo spomoću planktonske mreže. N a n o p l a n k t o n obuhvaća najmanje oblike, koji prolaze kroz okanca i najfinijih planktonskih mreža (sl. 45, okanca 40—50 μ široka), pa se spomoću njih ne mogu loviti. Amo idu male dijatomeje, većina dinoflagelata i protozoa, kokolitoforide i bakterije. — L o h m a n n je prvi dokazao prisutnost nanoplanktona spomoću papirnih filtara i spomoću živih »aparata za filtriranje«, koji se nalaze u kućicama apendikularije *Oikopleura* te filtriraju i skupljaju (za hranu) sve organizme i druge organske čestice manje od nekih tridesetak tisućinki milimetra.



Sl. 46. — Neke značajne holoplanktonske životinje: a, radiolarij *Protocystis;* b, dinoflagelat *Gymnodinium;* c sifonofora *Velella;* d, tintinid *Favella;* e, foraminifera *Globigerina;* f, ktenofora *Pleurobrachia;* g, dinoflagelat *Noctiluca* (S v e r d r u p - J o h n s o n - F l e m i n g).

H o l o p l a n k t o n i m e r o p l a n k t o n (H a e c k e l). U h o l o p l a n k t o n (sl. 46 i 47) ubrajamo ona bića, koja sav život

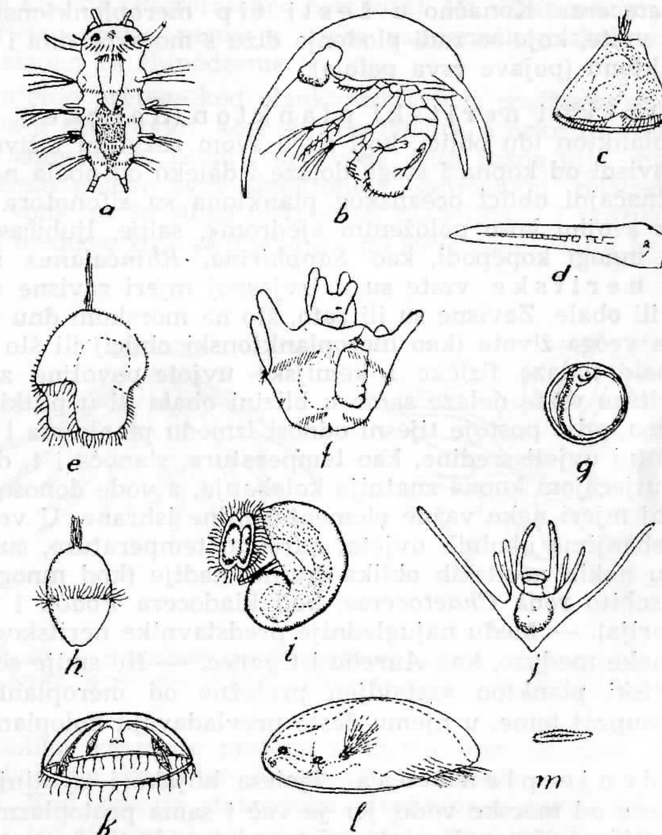
provode u slobodnoj vodi potpuno nezavisno od morskog dna. Tipički su holoplanktonski oblici na pr. ktenofore i sifonofore. U m e r o p l a n k t o n (sl. 48) ubrajamo one životinje, koje provode samo dio života lebdeći u slobodnoj vodi, dok drugi dio provedu na morskome dnu. Različiti meroplanktonti provode u planktonu različite stadije života. U tom pogledu razlikujemo šest meroplanktonskih tipova. P r v o m t i p u pripadaju oni, koji imaju svoja jaja i larve u planktonu, a kao odrasli oblici žive u bentalu. Ovaj tip je u moru najčešći, a dolazi osobito kod mnogobrojnih crva četinjara, kod ehinoderma,



Sl. 47. — Neke značajne holoplanktonske životinje: *a*, anelid *Tomopteris;* b, amfipod *Phronima* u praznom plaštu pelagijskog tunikata salpe; *c*, ostrakod *Conchoecia;* d, nemertin *Nectonemertes;* e, *Euphausia* (S v e r d r u p - J o h n s o n - F l e m i n g).

školjki, nekih puževa, kod branhiostome i mnogih riba (osobito pleuronektida, triglida i gadida). D r u g o m t i p u pripadaju oni, kod kojih osim odraslih stadija i jaja žive u bentalu, a samo larve provode planktonski način života. Ovaj tip češće dolazi kod različitih grupa crva, kod brojnih puževa i dekapodnih rakova, a naročito kod briozoa, ascidija i kod izvjesnog broja riba (*Gobius* i neke druge). T r e ć e m t i p u meroplanktonskih bića pripadaju neki rodovi s izmjenom generacija, od kojih jedna živi na morskome dnu, a

druga u slobodnoj vodi. Poznati primjer ovog tipa su hidrozoi, kod kojih nespolni polipi žive u bentalu, a spolne meduze u planktonu. Č e t v r t o m t i p u, koji je u moru dosta rijedak, pripadaju neke



Sl. 48. — Neke od značajnih larva meroplanktona: a, larva anelida *Platynereis agassizi;* b *zoea* raka *Emerita analoga*, c, *cyphonautes* larva briozoa; d, larva sesilnog tunikata; e, *pilidium* larva nemertina; f, napredniji stadij larve ježinca; g, riblje jaje s embrionom; h, *trochophora* nekog crva; i, *veliger* larva puževa; j, *pluteus* morske zvijezde; k, hidroidna meduza; l, *cypris* larva balanida i m, *planula* knidarija (S v e r d r u p et al.).

ribe, na pr. haringe, i glavonošci, kod kojih samo jaja dolaze u bentalu, a svi ostali stadiji žive pelagički. P e t o m t i p u pripadaju relativno malobrojna bića, koja u bentalu žive samo dok traju nepo-

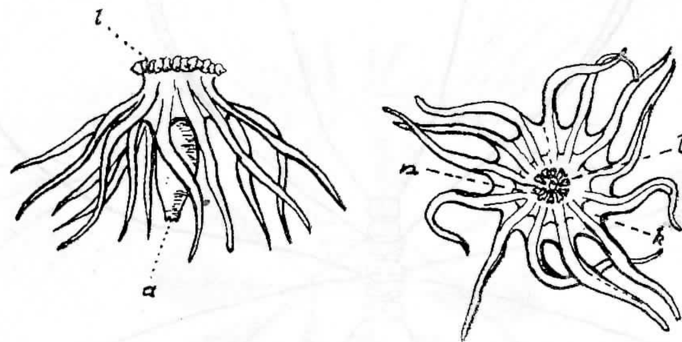
voljni životni uvjeti (na pr. kod preniskih ili previsokih temperatura), i to vrijeme provode u obliku mirujućih jaja ili trajnih stadija. Amo idu na pr. neke planktonske alge, koje preživljuju vrijeme nepovoljnih životnih uvjeta u obliku trajnih spora, tako i neke vrste roda *Chaetoceras*. Konačno u šesti tip meroplanktonskih bića ubrajamo vrste, koje se radi plođenja dižu s morskog dna i priključuju planktonu (pojave crva palola).

Oceanski i neritski plankton (Haeckel). U oceanski plankton idu oblici, koji su u svom razvitku i životu potpuno nezavisni od kopna i stoga dolaze i daleko od obala na pučini oceana. Značajni oblici oceanskog planktona su sifonofora *Velella* (sl. 46) sa svojim koso položenim »jedrom«, salpe, ljubičasti pužić *Janthina*, mnogi kopepodi, kao *Sapphirina*, *Rhincalanus* i drugi. Naprotiv, neritske vrste su u izvjesnoj mjeri zavisne od morskog dna ili obale. Zavisne su ili zato, što na morskom dnu provode neko doba svoga života (kao meroplanktonski oblici) ili što samo u blizini obale nalaze fizičke i kemijske uvjete povoljne za život. Stoga neritske vrste dolaze samo u blizini obala ili u plitkim obalnim morima, gdje postoje tijesni odnosi između planktona i bentosa i gdje životni uvjeti sredine, kao temperatura, slanoća i t. d., pokazuju pod utjecajem kopna znatnija kolebanja, a vode donose s kraja u znatnijoj mjeri neke važne elemente biljne ishrane. U vezi s velikim kolebanjima okolnih uvjeta, naročito temperature, susrećemo u razvitku nekih neritskih oblika trajne stadije (kod mnogih dijatomeja, osobito roda *Chaetoceras*, kod kladocera *Podon* i *Evadne*, kod rotatorija). — Među najuglednije predstavnike neritskog planktona idu neke meduze, kao *Aurelia* i *Cyanea*. — Ne smije se misliti, da je neritski plankton sastavljen pretežno od meroplanktonskih oblika. Nasuprot tome, u njemu često prevladavaju holoplanktonske vrste.

Lebđenje planktona. Tjelesa biljaka i životinja specifično su teža od morske vode, jer je već i sama protoplazma (spec. tež. cca 1,045—1,050) nešto teža od morske vode. Ovu pretegu tjelesa često još povećavaju tvrdi dijelovi, kao vapnenačke i kremene ljušturice, kosti i ostali skeletni dijelovi mnogih biljnih i životinjskih rodova. No i pored veće ili manje pretege planktonska bića za života ne tonu na dno, nego se održavaju na površini ili lebde u vodi. Lebđenje je za njih od osnovnog značenja i potrebe, jer im omogućuje, da trajno ostanu u gornjim eufotičkim slojevima, u kojima ima dovoljno svijetla prijeko potrebnog za fotosintezu. Ona to uspijevaju spomoću raznih naprava, koje smanjuju brzinu tonjenja i podržavaju lebđenje bilo time, što smanjuju specifičnu težinu tijela ili time što pojačavaju otpor vode, koji ne dopušta tonjenje.

Naprave za smanjivanje specifične težine tijela jesu raznovrsne. To je u prvom redu djelomična ili posvemašnja redukcija težih skeletnih dijelova. Tako je na pr. kod planktonskih puževa vapnenačka kućica ili jako zakržljala *(Carinaria Lamarcki)* ili sasvim nestala *(Pterotrachea coronata)*. Na sličan način planktonski tip *Pelagothuria* nema u tijelu vapnenačkog skeleta, koji je toliko značajan za ehinoderme (sl. 49).

Smanjenje pretege kod planktonskih bića postizava se time, što su uložene u tijelo tvari, koje su vrlo lagane, a neke specifično laganije i od same vode. Te su tvari: voda, sluz, razna ulja, masti i plinovi. Tjelesa gotovo svih planktonata sadržavaju relativno visok procenat vode, pa su stoga neki oblici hladetinasti i prozirni. Takve su na pr. meduze, koje sadržavaju i do 99% vode. Manji broj plank-

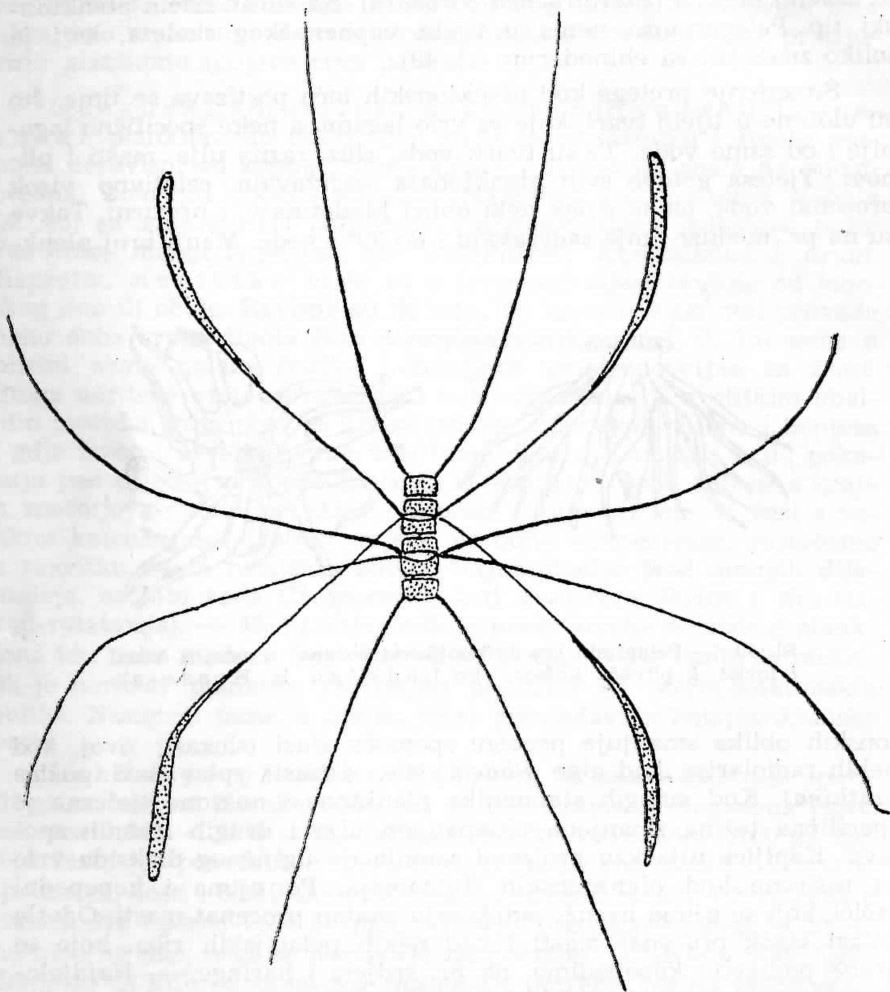


Sl. 49. — Pelagijski trp *Pelagothuria natans*; *u* usta, *a* anus, *l* lovke, *k* plivaća kožica. (Po Ludwigu iz Hesse-a).

tonskih oblika smanjuje pretegu spomoću sluzi (sluzasti ovoj kod nekih radiolarija, kod alge *Phaeocystis*, sluzasti splav kod pužića *Ianthina)*. Kod mnogih stanovnika planktona i nektona tjelesna je specifična težina smanjena uklapanjem ulja i drugih masnih spojeva. Kapljice ulja kao proizvod asimilacije ugljičnog dioksida vrlo su raširene kod planktonskih dijatomeja. Po njima i kopepodni račići, koji se njima hrane, sadržavaju znatan procenat masti. Odatle dolazi visok procenat masti i kod nekih pelagijskih riba, koje se hrane poglavito kopepodima, na pr. srdjele i haringe. — Najdjelotvornije snizuju pretegu uklopine plinova, u prvome redu uzduha. Pneumatofori sifonofora *(Velella*, sl. 46, *Physalia, Physophora)* i plivaći mjehuri riba imaju se smatrati tipičnim hidrostatičnim napravama za smanjenje pretege.

Među naprave za pojačanje otpora vode idu povećanje tjelesne površine i gibanje.

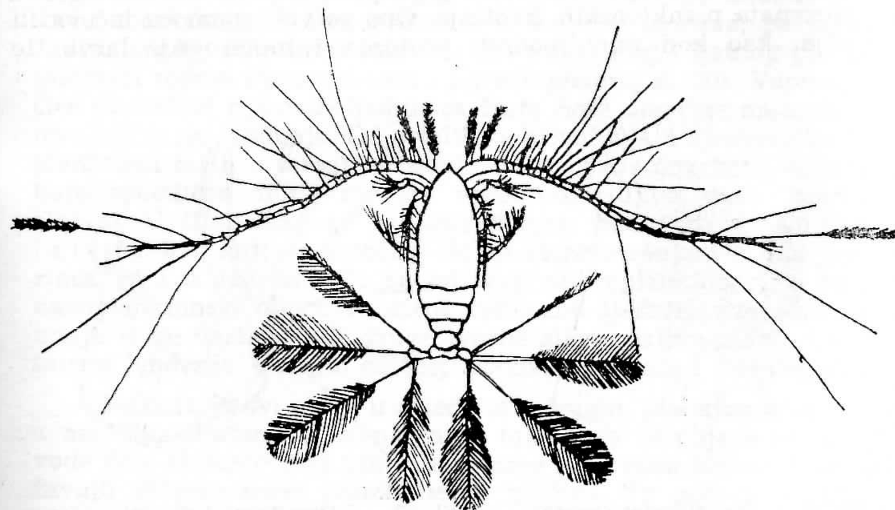
Kad neko tijelo tone, javlja se u tekućini otpor, koji potječe od viskoznosti tekućine, t. j. od upornosti njezinih čestica, da se drže jedna uz drugu. Taj otpor onemogućava ili otežava dalje tonjenje tijela. Kod iste tekućine otpor je to veći, što je ploha tijela koje tone — računa se projekcija te plohe na rav-



Sl. 50. — Dijatomeja *Chaetoceras diversus*, širina s nastavcima 0.18 mm (orig.).

ninu, koja stoji okomito na pravac tonjenja — veća i što je gibanje tijela u pravcu tonjenja brže. Kod planktonata se opaža općenito »težnja«, da se izazove što jači otpor vode. Ta se težnja očituje u povećanju površine njihovih tjelesa i u gibanju.

Najjednostavniji je način, da se postigne r e l a t i v n o velika tjelesna ploha, smanjenje apsolutne veličine. Radi toga mali tjelesni volumeni mnogih planktonskih organizama olakšavaju im lebđenje. Inače se kod j e d n a k i h tjelesnih organskih masa povećava tjelesna površina ili povećanjem obujma čitavog tijela ili tvorbom raznovrsnih nastavaka. Do povećanoga tjelesnog obujma dolazi primanjem velike množine vode u relativno malu organsku masu. Takav je slučaj među ostalima naročito kod ktenofora, meduza, anelidskih larva trohofora, kod crva *Tomopteris* (sl. 47), kod salpa i pirosoma. Kod svih je ovih oblika velika množina vode uzrok vodenastoj konzistenciji i tjelesnoj prozirnosti, a u lebđenju vrši sličnu



Sl. 51. — Kopepod *Calocalanus pavo*, ženka, 18 puta pov. (P o G i e s b r e c h t u iz H e s s e-a).

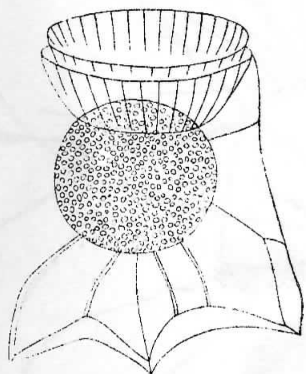
ulogu kao plin u uzdušnim mjehurima. — Kod drugih stanovnika planktona povećava se tjelesna površina, a s njome i otpor, tvorbom tjelesnih nastavaka, koji pokazuju neopisivu raznolikost.

Tipske primjere tjelesnih nastavaka pokazuju peridineje (na pr. rod *Ceratium*, sl. 31) i dijatomeje (kao *Chaetoceras* sl. 50), skeletne zrake i pseudopodiji rizopoda *(Acanthometron, Globigerina,* sl. 46), tjelesna produženja kod larva bodljara *(Pluteus),* četinjaste tvorbe kod larva polihetnih crva *(Mitraria)* i bogato razvijeni udovi planktonskih račića (sl. 51). Istu zadaću vrše naročito plivaće opne ili kožice, na pr. kod alga *Planctoniella* i *Ornithocercus* (sl. 52) ili kod planktonskog trpa *Pelagothuria.* — Da povećanje tjelesne

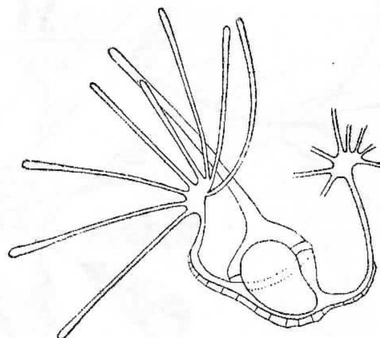
površine raznovrsnim produženjima stoji u vezi sa lebđenjem, zaključujemo već iz činjenice, što neki oblici, na pr. dinoflagelat *Ceratium ranipes* (sl. 53) i neki kopepodni račići u tropskim vodama, gdje je radi viših temperatura viskoznost vode manja, a po tome i tonjenje brže, imaju dulje ili brojnije nastavke nego oblici iz hladnijih voda.

Povećanje tjelesne površine kod planktonskih biljaka ima i tu prednost da im omogućuje jače upijanje hranjivih soli, koje se nalaze u moru u minimalnim iznosima, i time ih stavlja u relativno povoljnije prilike ishrane.

Planktonski kao i uopće pelagijski oblici povećavaju otpor vode i usporavaju tonjenje i aktivnim gibanjem, koje dolazi barem kod 90 procenata planktonskih životinja. Ono se vrši spomoću bičeva ili trepalja, kao kod undulipodnih protozoa i metazojskih larva, te



Sl. 52. — Dinoflagelat *Ornithocercus magnificus* (duljina 0.11 mm, orig.)



Sl. 53. — Dinoflagelat *Ceratium ranipes*, veličina s nastavcima oko 0.24 mm (origin.).

veslanjem spomoću udova, parapodija i drugih tjelesnih nastavaka. Koliko je gibanje važno za lebđenje, vidi se po tome, što mnogi stanovnici planktona, kao na pr. tintinidi, larve moluska, rakova i t. d. počnu smjesta tonuti, čim njihovi organi za gibanje prestanu raditi.

Teško je unaprijed reći, koje naprave imaju veće značenje za lebđenje, da li one, koje smanjuju pretegu, ili one, koje povećaju otpor vode. To bi se moglo odrediti tek u pojedinačnim slučajevima. Općenito se može uzeti kao pravilo, da obje vrste naprava djeluju i postižu učinak tek »udruženim snagama«.

Kako se čini, ni sve navedene naprave, koje djeluju na smanjenje pretege, kao ni one, koje povećaju otpor, nisu same po sebi dovoljne da spriječe tonjenje onih planktonata, koji nemaju aktivnog gibanja. Pokusi pokazuju, da mnogi od njih, ako ostanu u posudi sasvim mirne vode, naskoro počnu tonuti na dno. Iz toga naslućujemo, da kod lebđenja planktona vjerojatno sudjeluju još i neke druge sile. Neki misle, da u prividno mirnoj vodi turbulentna gibanja vodenih čestica znatno potpomažu lebđenje i onih planktonskih bića, koja se inače ne bi mogla održati u vodi (Utermöhl). Kako se iz toga vidi, problem se lebđenja, premda je već odavna izučavan, još ne može smatrati kao potpuno rješen.

Svijet planktona se sastoji koje od biljaka (fitoplankton), a koje od životinja (zooplankton). Fitoplankton obuhvaća alge, koje su sve bez izuzetka jednostanične. Na prvome mjestu dolaze flagelatne hrizoficeje, među kojima su češće slabo istraženi silikoflageti (naročito rodovi *Dictiocha* i *Distephanus*) i kokolitineje. Ove posljednje su izraziti zastupnici nanoplaktona i žive pretežno u toplijim morima, pa tako i u Jadranu, gdje čine bitni sastavni dio proljetnog i ljetnog planktona (najčešći rodovi *Pontosphaera* i *Syracosphaera*, sl. 30). Vapnene pločice (diskoliti) njihovih ljušturica često nose dugačke nastavke, koji im olakšavaju lebđenje. Od ostalih se hrizoficija u sjeveroatlantskom planktonu često u masama razvija *Phaeocystis pouchetii*, koja uzrokuje specifičan miris morske vode (»smrdljiva voda« nordijskih ribara). U fitoplanktonu su vrlo brojno zastupani dinoflagelati (sl. 31), koji su naročito obilno rasprostranjeni u toplijim morima, pa i u Jadranu. To su od česti mikroplanktonski, a od česti nanoplanktonski oblici. Prozirne celulozne ljušturice mnogih oblika imaju duge nastavke ili druge tvorbe slične krilima, koje im olakšavaju lebđenje. Osobito su česti rodovi *Ceratium* i *Peridinium*.

Katkada se ovi oblici u zajednici s drugim planktonskim algama, a naročito dijatomejama, namnože toliko, da se pojave na površini vode fine sluzaste i od plina tu i tamo naduvene kožice, koje sadržavaju goleme mase planktonskih biljčica. Ta pojava — koja se javlja naročito iza obilnih i olujnih kiša za hladnog doba godine — poznata je u Jadranu pod imenom nečisto more (»mare sporco«).

Bacilarije ili dijatomeje iz grupe *Centricae* zauzimaju vrlo važno mjesto u biljnom planktonu (sl. 32). One pokazuju veći broj nižih tipova, kao što su diskoidni tipovi (rodovi *Coscinodiscus* i *Antelmintella*), štapićasti (rodovi *Rhizosolenia, Thalassiothrix*), četinasti *(Chaetoceras)* i t. d. Velika raznolikost i gustoća dijatomeja značajne su za hladne, osobito za arktičke i antarktičke vode. Brojni oblici, kao osobito rodovi *Chaetoceras* i *Rhizosolenia*, dolaze i u Jadranu i tu tvore glavnu masu zimskog fitoplanktona. One se ovdje katkada u zimi namnože u tolikom obilju, da bojadišu more značajnom žućkastom bojom, i ta je pojava označena u sjevernom Jadranu imenom »limunada«. Ljušturice dijatomeja u velikoj mjeri sudjeluju u tvorbi kremenog dijatomejskog mulja. — Modrozelene alge

(cijanoficeje), koje dolaze obilato u slatkovodnom planktonu, u morskom planktonu imaju samo malo predstavnika, a i ti su ograničeni samo na topla mora *(Katagnymene, Trichodesmium)*. Tamo se znaju pojaviti u tolikim množinama, da katkada bojadišu more značajnom bojom. Tako vrsta *Trichodesmium erythraeum* uzrokuje crvenkastu boju Crvenog mora. — Hloroficeje, koje s cijanoficejama tvore bitni dio slatkovodnog fitoplanktona, u morskome nikako ne dolaze. — Konačno u fitoplanktonu žive u velikom mnoštvu također bakterije. One lebde slobodno u vodi, no još češće su naseljene na krutim česticama, osobito na planktonskim organizmima, a katkada i slijepljene među sobom u grudicama. Njihova gustoća u vodi zavisi od različitih faktora. Obično je najveća uz obalu (obično više hiljada u 1 cm^3), i tu je moguće naći i dosta terestričkih oblika. Prema otvorenom je naselje obično rjeđe. U otvorenim vodama može pasti ispod 10 individua na kubični centimetar. Morske biljke i životinje su pravi vrtovi bakterija, pa stoga gustoća ovih posljednjih stoji u približno direktnom razmjeru s gustoćom prvih i najveća je tamo, gdje je i naselje planktona najgušće, naime nešto malo ispod same morske površine, a prema morskom dnu pada, kako se vidi iz tablice (uzete iz Sverdrup et al., 1946).

Tablica 15

Dubina (m)	Broj bakterija u 1 cm^3 morske vode ustanovljen na trima stanicama pred kalifornijskim obalama (ZoBell i Anderson)		
1	147	344	261
10	238	400	360
20	292	528	395
50	86	620	208
100	14	17	53
200	3	2	0
500	2	0	0

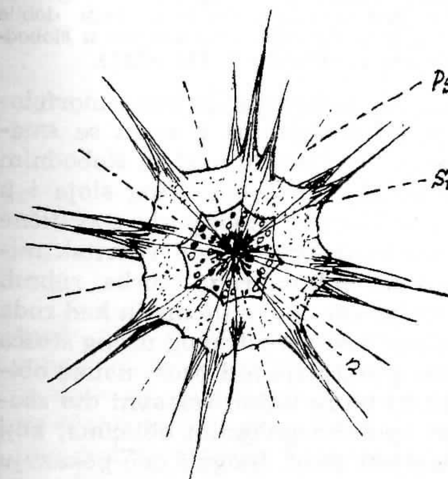
Većina ovih bakterija mogu živjeti i u filtriranoj morskoj vodi, koja ne sadržava više od prosječno 2—5 miligrama otopljene organske tvari u litri, od čega mogu iskoristiti jedva polovicu. Planktonske bakterije pripadaju raznim fiziologijskim tipovima, no najviše ima takvih, koje imaju važnu ulogu u rastvaranju pelagijskih organizama i u taloženju organskog detritusa na morsko dno. One imaju značenje, možda i veliko, za ishranu planktonskih životinja, u prvom redu kopepoda.

Morski zooplankton ističe se svojim sastavom i strukturom. S obzirom na sastav, on ne pokazuje bogatstvo bentala, ali ipak sadržava vrlo znatan broj holoplanktonskih tipova, a pored

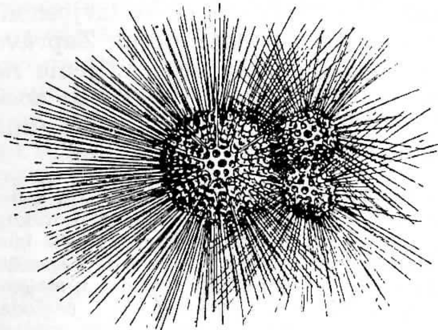
njih i veliko mnoštvo meroplanktonskih oblika, koji u izvjesnom stadiju života, najčešće u odraslom, žive na morskome dnu. Zapravo u moru živi relativno manji broj oblika, koji bar neko vrijeme ne provode u planktonu. S obzirom na strukturu, morski se zooplankton sastoji koje od sitnih, a koje od većih i velikih oblika (ima meduza i preko 2 m u promjeru), i ova je pojava za nj značajna.

Prilike su znatno drukčije u planktonu slatkih voda. Prije svega, on sadržava mnogo manji broj tipova, jer više grupa, koje tvore bogatstvo morskog zooplanktona, u slatkovodnom su uopće nepoznate (meduze osim kojega izuzetka, sifonofore, ktenofore, alciopidi, heteropodi i pteropodi, sagite, apendikularije i salpe). Pored toga su također jaja i larve bentoskih životinja u slatkovodnom planktonu mnogo rjeđe (larve spužava, nekih trematoda i cestoda, školjke *Dreyssenia polymorpha*, mnogih kopepoda i briozoa, jaja nekih rotatorija i kladocera). S druge strane gornja granica veličina kod slatkovodnog zooplanktona mnogo je niža nego kod morskog. I najveći slatkovodni kopepodi ne dostižu veličinu morskog kopepoda *Calanus finmarchicus* ili nekih oblika roda *Sapphirina*. Ta se pojava dovodi u vezu s manjom gustoćom i nosivošću slatke vode, a također i s manje povoljnim fizičkim i hemijskim uvjetima slatkovodne sredine. U vezu s manjom gustoćom slatke vode dovodimo također i pojavu, da u skeletima slatkovodnih planktonata rijetko kada ima vapnenca.

Svi viši tipovi protozoa imaju u planktonu svojih zastupnika. Od mnogobrojnih heterotrofnih flagelata samo cistoflagelati tvore čistu planktonsku grupu. Najpoznatiji je njihov predstavnik kozmopolitska *Noctiluca miliaris* (sl. 46) sa svojim loptastim i galertastim tijelom (do 1 mm veličine) i relativno jakom lovkom, koja je vrlo dobro prilagođena pelagijskom životu. — Od cilijata su u planktonu česti mnogovrsni i po svim morima rasprostranjeni tintinidi (sl. 46), koji, kako se čini po obliku njihovih raznoliko strukturiranih kućica (s ostatkom drška!) i po organizaciji primanja hrane, potječu od sesilnih predaka s morskog dna. — Od morskih rizopoda tipski planktonski organizmi su radiolariji (sl. 46). Njihovo se tijelo sastoji iz gušće intrakapsularne plazme. Ekstrakapsularna plazma prožeta je galertom, koja čini njihovo tijelo specifično lakšim. To, kao i zrakasto na sve strane ispruženi pseudopodiji, a u nekim slučajevima i radijalno položene iglice skeleta (rod *Acanthome-*



Sl. 54. — *Acanthometron pellucidum*. *Ps*. pseudopodij, *St* skeletna bodlja, *n* nucleus (Prema Ševiakovu).



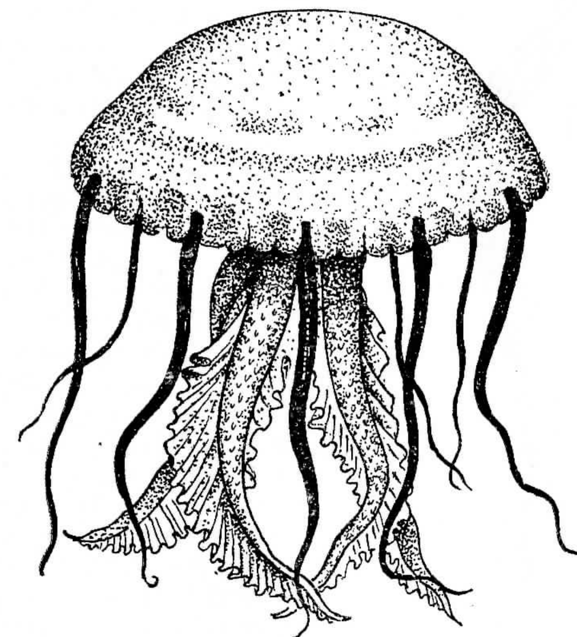
Sl. 55. — *Globigerina bulloides* (iz G e s n e r a, 1940).

tron, sl. 54) pokazuju znatan stepen adaptacije raiolarija na lebdeći život, pa su stoga oni razvili u planktonu veliki broj vrsta, a njihovi kremeni skeleti tvore glavni sastavni dio t. zv. radiolarijskog mulja. Nasuprot tome, druga grupa morskih rizopoda, f o r a m i n i f e r e, imaju u planktonu samo malo zastupnika, među kojima je najčešći oblik *Globigerina bulloides* (sl. 55), a njeni vapnenački skeleti najviše sudjeluju u tvorbi globigerinskog mulja. — I m e t a z o i su znatno zastupani u planktonu. Ipak neki životinjski tipovi nemaju u njemu odraslih zastupnika. To vrijedi na prvome mjestu za s p u ž v e. Isto tako u planktonu nema briozoa ni foronida. Nasuprot tome, u planktonu su vrlo brojni k n i d a r i j i, i to njihove spolne ili meduzne generacije, koje dolaze kod skifozoa i hidrozoa.

S k i f o m e d u z e *(Acalephae)* se imaju smatrati polipnim oblicima, koji su kao specifični nosioci spolnih proizvoda sasvim prešli na slobodan način života i imaju u osnovi jednaku građu. Po obliku su najčešće nalik na plivaća zvona; njihova zaobljena strana — e x u m b r e l l a — odgovara bazalnoj i bočnoj strani skifopolipa, a udubljena — s u b u m b r e l l a — s čunjasto uzdignutim ustima posrijedi i s vijencem tentakula na rubu usnog kotura odgovara povećanom i produljenom usnom koturu polipa stime, da je meduza dobila obrnutu orijentaciju (ustima prema dolje), a to u vezi s pokretanjem u slobodnoj vodi, koje se vrši stezanjem peristomne muskulature (H a d ž i).

A k a l e f e (n. pr. *Pelagia,* sl. 56) pokazuju izvjesne morfologijske osobine, kojima se razlikuju od skifopolipa i mogu se smatrati prilagodbama, koje su stečene (selekcijom) u vezi sa slobodnim načinom života. Te osobine su: povećanje mezenhimskog sloja i u vezi s time znatan porast plohe i veličine, a smanjenje specifične težine *(Cyanea* mjeri do 2 m u promjeru), progresivni razvitak mišićnog i nervnog sistema, naročito na subumbreli, tvorba rubnih krpa ili režnjeva, među kojima su smještene lovke (nema ih kod roda *Rhizostoma),* osjetni organi i produljenje četverostranog usnog stošca u četiri duga usna kraka. — I spolna generacija hidrozoa, naime obično male h i d r o m e d u z e (sl. 48, k) tvore važan sastavni dio zooplanktona. I one se imaju smatrati spolnim polipnim oblicima, koji su sekundarno prešli na stalan pelagijski život. Stoga i one pokazuju u osnovi jednaku građu kao i hidropolipi, ali i izvjesne razlike, koje su sekundarno stečene i analogne su razlikama kod skifomeduza. To su: jači galertasti sloj, jača muskulatura i napredniji živčani sustav

s osjetnim organima na rubu zvona, ali bez rubnih režnjeva. Hidromeduze pokazuju i naročitu razvojnu tekovinu, a to je v e l u m (kraspedon), naime mišićavi kožni obrub, koji ide od ruba zvona horizontalno u obliku širokog prstena, prekriva periferni dio subumbrele i poput šarenice oka sužuje otvor, koji vodi u subumbrelarni prostor. Neki hidrozoi su u tolikoj mjeri prešli na planktonski način života, da se kod njih bentoska generacija više i ne javlja, i planktonska larva se neposredno razvija u meduzu *(Trachymedusae, Narcomedusae).*

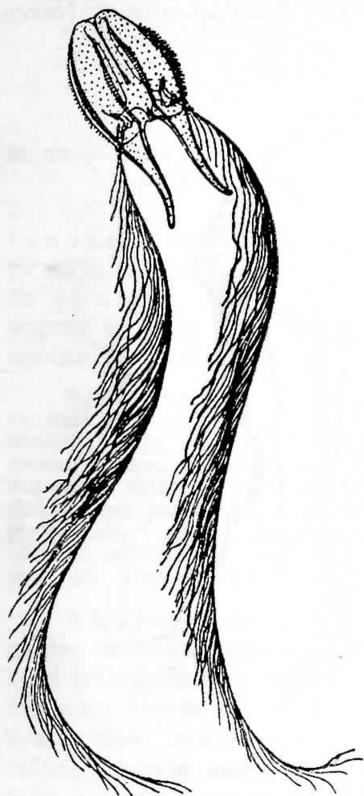


Sl. 56. — *Pelagia noctiluca* (precrtano prema M ü l l e r - M a i n z u).

Ne samo to, nego su kod ovog knidarijskog nižeg tipa u mnogo slučajeva čitavi kormi prešli na pelagijski način života. Tako je došlo do pojave nježnih sifonofora, koje su vanredno prilagođene na planktonski način života i u vezi s podjelom rada pojedinih dijelova korma (polipne i meduzne persone) pokazuju visok stepen polimorfizma.

Na zajedničkom cjevastom i mišićavom izduljenom ili kratkom stablu (hydrosoma) — a to se može smatrati ishodnim polipom zadruge — nastaju pupa-

njem više ili manje izobličeni polipi i meduze, koji imaju u osnovi građu polipa odnosno meduze i svojim tjelesnim šupljinama ostaju među sobom povezani putem cjevastog stabla. Među njima uvijek dolaze polipi s ustima, koja su u službi ishrane, i meduzoidne tvorbe, koje proizvode gonade. Pored njih često dolaze i drugi elementi, tako mjehurasti pneumatofori za lebđenje *(Physalia physalis, Stephalia corona)*, meduzoidna plivaća zvona sa značajnim rubnim velom za pokretanje kolonije i još druge tvorbe za osjet i zaštitu.

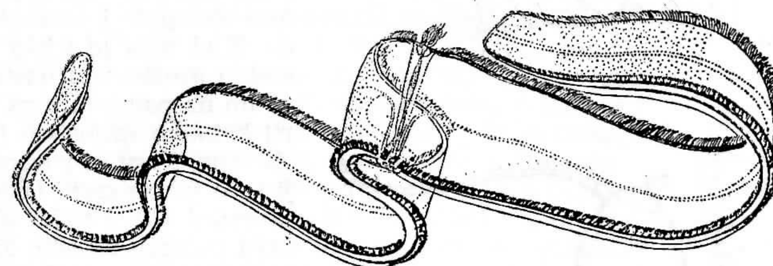


Sl. 57. — Ktenofora *Callianira bialata* (Aquarium neapol.).

Od plathelminta u planktonu žive samo rjeđi izuzeci (acelni *Haplodiscus*, polikladna *Planocera pellucida* i neki drugi). Naprotiv, ktenofore (sl. 57) su tipski stanovnici planktona, izvrsno prilagođeni na pelagijski način života. Njihovo je tijelo najčešće sferoidno ili valjkasto, a izuzetno *(Cestus veneris*, sl. 58) ima vrpčast oblik. Ono je obično nježne, galertaste i prozirne strukture. Na periferiji ima osam meridijanski položenih redova trepljavih pločica (»rebara«), po dva reda u svakom kvadrantu, koji udaranjem omogućuju lebđenje i kretanje. Na gornjem (aboralnom) kraju tijela smješten je živčani i osjetni centar, koji upravlja udaranjem trepljavih pločica, dok se usni otvor sa ždrijelom nalazi na donjem kraju tijela. Sve, osim beroida (sl. 59), imaju po dvije tanke, duge i pružive lovke, koje služe u prvom redu za hvatanje plijena a donekle i kao osjetni organ. Neke ktenofore su sekundarno opet prešle u bentos a jedna je postala sesilna *(Tjalfiella)*.

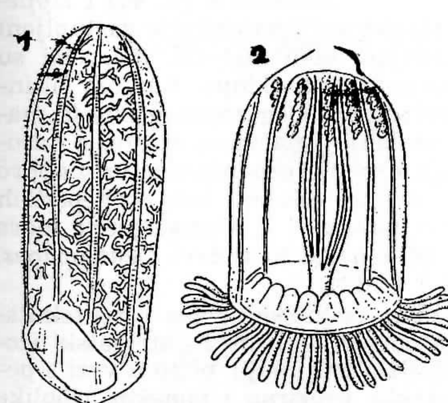
Po mišljenju Hadžija (1923, 1927) ktenofore su ogranak, koji se u svoje vrijeme odvojio od polikladnih turbelara na taj način što su neke njihove larve u planktonu postale neotenične, t. j. spolno zrele i samostalne ne proživljujući dalje metamorfozu do odraslog bentoskog turbelara. Ovo mišljenje najbolje objašnjuje dvojnu simetriju ktenofora i neke upadne sličnosti (homologije) u građi ovih životinja i polikladnih turbelara (bogati mezenhim, trepljavi aparat, ektodermalno ždrijelo, gastrovaskularni sistem i t. d.).

Od ashelminta u planktonu dolaze samo rijetki predstavnici, tako vrlo spljošteni nemertini *Pelagonemertes* i *Nectonemertes* (sl. 47). — Isto tako su i moluski u planktonu relativno dosta rijetki. Češći su samo neki puževi (sl. 60), koji su sekundarno prešli na

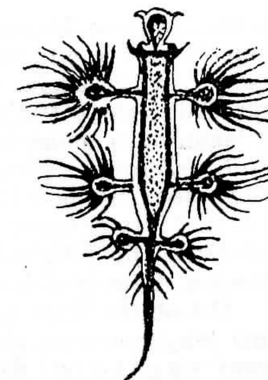


Sl. 58. — *Cestus veneris*, ½ nar. vel. (Aquarium neapol.)

pelagijski način života i u vezi s time su pretrpjeli znatne izmjene, naročito u konzistenciji tijela i građi stopala, kućice i utrobne kese. Takvi su prosobranhijski heteropodi, kod kojih je tijelo prozirno, stopalo diferencirano u perajnu napravu za plivanje,a vapnenačka je kućica jako zakržljala *(Carinaria mediterranea)* ili posve nestala *(Pterotrachea coronata)*. Amo također idu i opistobranhiatni pteropodi, kod kojih je stopalo zakržljalo, a na njemu se razvio sa strana par perajnih krpa za plivanje (parapodiji), dok je kućica postala i lagana i nježna *(Limacina helicina, Cavolinia tridentata, Clio pyramidata, Creseis acicula)* ili je sasvim nestala *(Clio borealis)*. Od ostalih puževa u planktonu živi opistobranhijatni *Phyllirhoë buce-*

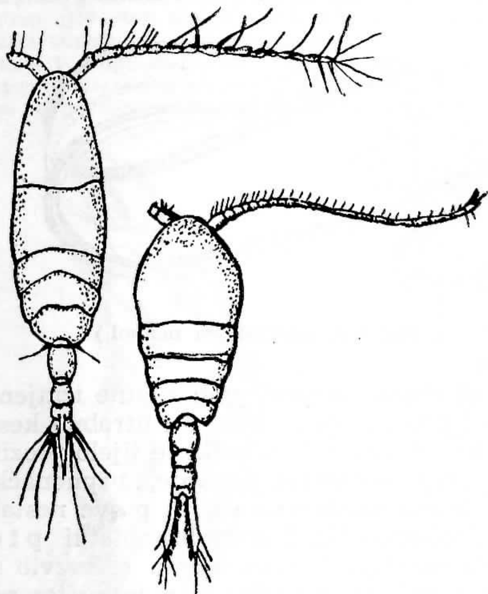


Sl. 59. — 1, *Beroe cucumis*, 2, *Aglantha digitalis* (iz Gessnera).



Sl. 60. — Pelagički puž *Glaucus atlanticus*, nar. vel. (Iz Hesse-a).

phalum sa zakržljalim stopalom i prosobranhijski *Janthina* s laganom ljušturom, malenim stopalom i sluznom splavi. Od školjki u planktonu živi *Planktomya henseni* sa nepokrečenom ljušturom. — A n e l i d i imaju u planktonu samo malo zastupnika, naime alciopide i tomopteride. Kod njih je tijelo kao staklo prozirno, a nastavci su im na parapodijima (ciri) listoliko spljošteni (kod *Alciope*) ili su se parapodiji vrlo jako razvili (*Tomopteris*, sl. 47), i to im olakšava pelagijski način života. — Daleko su obilnije zastupani u planktonu r a c i (*Crustacea*), koji u svim redovima — naravski osim sesilnih ciripedija — imaju planktonskih stanovnika: od filopoda *Podon* i *Evadne*, od ostrakoda *Conchoecia* (sl. 47) i *Halocypris*, od malakostraka nešto shizopoda i veći broj dekapoda, kao i amfipoda, a među posljednjima naročito poznate vrste *Phronima sedentaria* (sl. 47) i *Hyperia medusarum*. Najznatniji su u planktonu i najobilnije zastupljeni k o p e p o d i i oni su njegov vladajući elemenat (sl. 61). Oni su građom svoga tijela, odsustvom ovapnjenog oklopa, tankom hitinskom kutikulom, tijelom često prozirnim i zbog znatnog iznosa masti laganim, nogama udešenim za veslanje i načinom života, a naročito hranjenjem s pomoću filtriranja drobnih organizama, vrlo dobro prilagođeni na planktonski način života. Golem broj kopepodnih rodova i vrsta tvore kvantitativno najveći i u domaćinstvu moraj najvažniji dio zooplanktona, a od njih naročito rodovi *Centropages, Oithona, Calanus, Acartia* (sl. 61) i t. d.



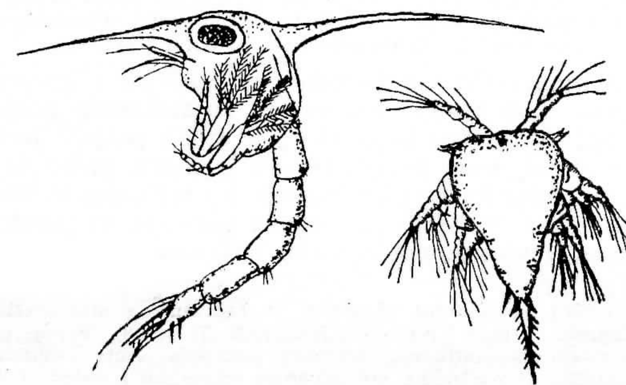
Sl. 61. — Kopepodi *Acartia clausi* (lijevo) ženka, pov. 40 puta; desno *Temora longicornis*, ženka, poveć. 30 puta (J o h n s t o n e).

Od oblika, koji se dovode u bližu rodbinsku vezu s tentakulatima (oligomerima), dolaze u planktonu malobrojni i sistematski izolirani s a g i t o i d i (rod *Sagitta*, sl. 62). Oni imaju, očito u vezi s pelagijskim načinom života, kao staklo prozirno i ponešto riboliko tijelo, diferencirano u glavu, trup i rep sa horizontalnom opnastom perajom sa strane trupa i repa.

Od e h i n o d e r m a u planktonu žive rodovi *Pelagothuria* s 2 vrste i *Planktothuria* s jednom vrstom. Naprotiv t u n i k a t i su, — doduše sekundarno — ponajviše planktonski organizmi. Amo ide u cjelini razred *Copelata* (apendikularije, kao *Oikopleura* sl. 120, *Fritillaria* i t. d.), koji imaju repić za plivanje i tjeranje vode u prozirnu galertastu kućicu, koju imaju mjesto masivnog plašta i povremeno je odbacuju te ponovno obnavljaju. Ti se oblici tjelesnom građom uglavnom podudaraju s larvama priraslih ascidija, pa se smatra, da su od njih neposredno neotenijom i potekli (H a d ž i 1944.). I drugi razred tunikata, t a l i j a c e j i, u cjelini su planktonska bića. To su valjkaste (*Salpa*) ili bačvaste (*Doliolum*) životinje kao staklo prozirne, i njihovi spolni individui dolaze u dugim lančastim kolonijama, koje nastaju pupanjem nespolnih individua (metageneza). Sve te pojave olakšavaju njihov pelagijski način života. Oni se građom uvelike podudaraju sa sesilnim ascidijama, pa se općenito drži, da potječu od nekih sesilnih oblika, koji su naknadno prešli na planktonski život. Pored odraslih životinja u planktonu živi vrlo šaren svijet larva mnogih bentoskih životinja. Te su larve više manje prozirne s galertasto vodenastim sastavom tijela i raznim napravama za lebdenje dobro prilagođene na planktonski život (sl. 63 i 64).



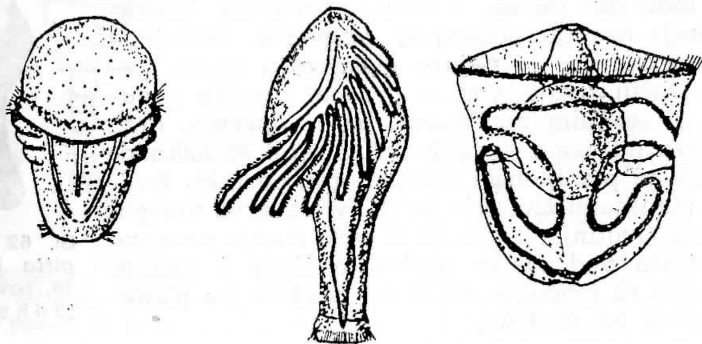
Sl. 62. — *Sagitta bipunctata*, pov. 5 puta (J o h n s t o n e)



Sl. 63. — Planktonske larve nekih bentoskih životinja: lijevo larva *Zoea* dekapodnog raka, desno *Nauplius* larva ciripednog raka (J o h n s t o n e).

Jajolika »planula« knidarija po cijeloj je površini obasuta trepljama. Šljemoliki »Pilidium« nemertina i tupo čunjasta »trochophora« anelida (sl. 64) imaju također vijence trepalja. Larve »mitraria« nekih anelidskih maldanida imaju neobično duge nastavke. »Nauplius« rakova (sl. 63) ima tri para nožica, koje udaranjem omogućuju lebđenje. »Zoea« dekapoda (sl. 63) ima duge bodljikaste izrasti. »Veliger«, larva puževa, ima vrlo jak treplav aparat (velum). »Actinotrocha« foronida (sl. 64) ima postoralni vijenac tentakula s trepljama. Bilateralno simetrične larve ehinoderma (»auricularia« holoturija, »bipinnaria« i »brachiolaria« asteroida i »pluteus« ofiuroida i ehinoida) imaju značajne duge nastavke s trepljama. Larve ascidija imaju repić za plivanje (vidi sl. 48).

Važnost planktona. I ako je plankton vjerojatno porijetlom iz plitkog bentala, ipak u svom hranjenju organskom materijom od njega ne ovisi, kao ni od abisalnog bentala. U tom pogledu on tvori autarktičnu životnu zajednicu (biocenozu), koja u sebi sadrži sve potrebne elemente nezavisnog domaćinstva: proizvađače (biljke), potrošače (životinje) i pretvarače (bakterije). Osnovu tvore jednostanične biljke, koje neposredno ili posredno služe za hranu svim plank-



Sl. 64. — Larve nekih bentoskih životinja: lijevo *trochophora* polihetnog crva, u sredini *actinotrocha* *Phoronis-a*, desno *tornaria* *Balanoglossus-a* (Johnstone).

tonskim životinjama. Od planktonske je zajednice u ishrani zavisan dubinski bental, koji nema svih uvjeta autarktičnog gospodarstva, jer mu manjka autotrofno bilje. Od planktona potječe indirektno i glavna masa hrane, koju čovjek izvlači iz mora, pošto se ribe posredno ili neposredno hrane planktonom. Na taj način veličina života u oceanu i njegovo značenje za čovjeka počivaju na planktonu i to primarno na njegovim jednostaničnim biljkama.

Literatura:

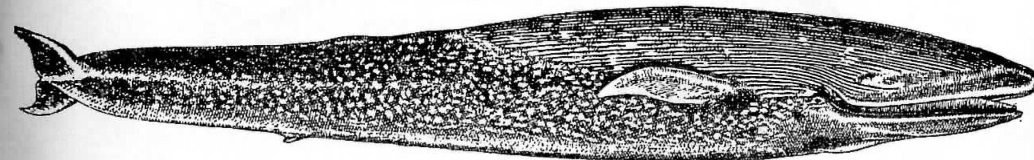
CAR L. (1896), Kopepodni plankton iz Jadranskog mora. Glasn. hrvat. prirod. dr. Zagreb, knjiga VIII. — GAMULIN T. (1948), Prilog poznavanju zooplanktona srednjedalmatinskog otočnog područja. Acta adriatica, III, 7. — HADŽI J. (1923), O porijeklu, srodstvenim odnosima i sistematskoj poziciji ktenofora. Knjiga 228 Rada Jugosl. akad. Zagreb. — JACOBS W. (1915), Das Schweben der Wasserorganismen. Ergebnisse der Biologie XI. — JOHNSTONE J., SCOTT A. et CHADWICK H. (1924), The marine Plankton, London. — STEUER A. (1910), Planktonkunde, Leipzig und Berlin.

Nekton

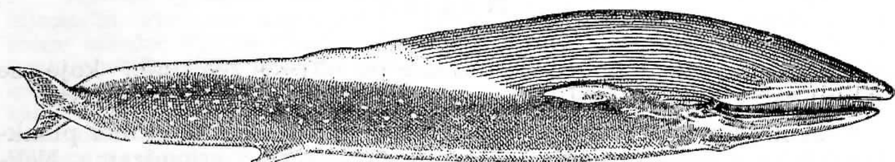
Pojam nektona obuhvaća pelagijske životinje, koje se giblju aktivno, t. j. vlastitom snagom, nezavisno od gibanja vode.

Postoje svi prijelazi s jedne strane između nektonskih i planktonskih, a s druge između nektonskih i bentoskih organizama. Nektonske ribe, na pr. skuše i srdjele, provode rane mladenačke stadije (kao jaja i larve) u planktonu, a u naprednijoj dobi pripadaju nektonu. Ima riba, koje su pretežno stanovnici morskog dna, ali od vremena do vremena žive kao i nektonti. Tako osobito neki morski psi, koji običavaju pratiti brodove, kao na pr. *Carcharias glaucus* i naročito *Selache maxima*, koji se prilično redovno zadržavaju u slobodnoj vodi i hrane se planktonom.

Nekton sastoji se poglavito od riba, glavonožaca i sisavaca. Najvažnije ribe jadranskog nektona su iz porodice *Clupeidae*, kao naročito srdjela *(Clupea pilchardus)*, srdjelica ili papalina *(Cl. sprattus)* i brgljun *(Engraulis encrasicholus)*, zatim *Scombridae*, od kojih su važni tunjevi *(Thynnus)*, polanda *(Sarda sarda)*, trup *(Auxis bisus)*, skuša *(Scomber scomber)*, plavica *(Sc. colias)* i šnjur *(Trachurus)*. U nekton se ubrajaju i morski psi *(Alopias vulpes, Carcharias glaucus, Carcharodon rondeleti, Lamna cornubica* i *L. Spalanzanii)*. Nektonske ribe imaju obično vretenast oblik tijela, koji kod plivanja uzrokuje najmanji otpor vode, i stoga su one izvrsni plivači. Klasičan primjer dobrih plivača su tunj i morski pas. Izrazite nektonske ribe toplih mora su poletuše (rodovi *Exocoetus* i *Dactylopterus)*. — I glavonošci su većinom pelagijske životinje, tako na pr. u našim vodama lignja *(Loligo)*. Brzo se gibIju prema natrag izbacivanjem vode iz plaštane duplje kroz odušak (»raketno gibanje«) i spomoću kožne peraje. U nekton ubrajamo i morske kornjače. Važna grupa nektonskih stanovnika su kitovi *(Cetacea*, sl. 65 i 66), koji su izvrsno prilagođeni pelagijskom načinu života. Lebđenje u vodi im je olakšano ribolikim oblikom tijela, redukcijom skeleta i tvorbom jakog sloja masti. Pokretljivost u vodi daju odnosno potpomažu posebna prilagođenja, kao što su pretvaranje prednjih udova i repa u perajne tvorbe, u nekim slučajevima tvorba leđnih peraja i gola koža bez

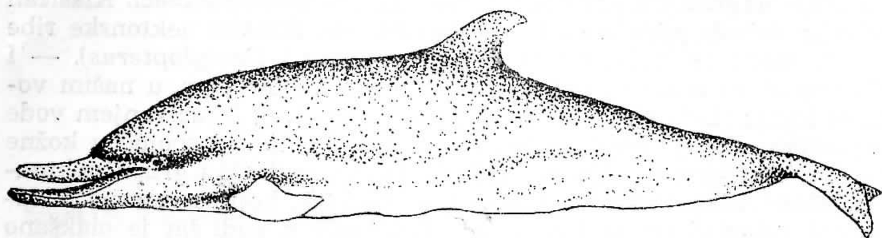


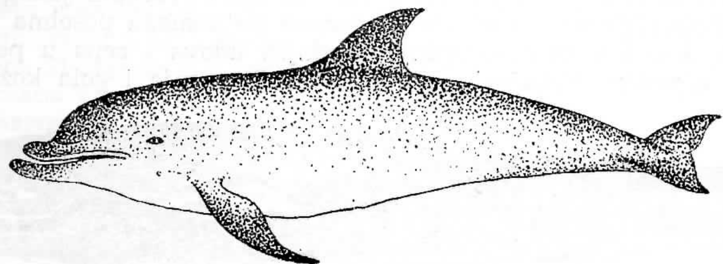
Sl. 65. — *Balaenoptera musculus*, 21 do 25 m duljine (Mackintosch i Wheeler).



Sl. 66. — *Balaenoptera physalis*, 18 do 25 m. (Mackintosch i Wheeler).

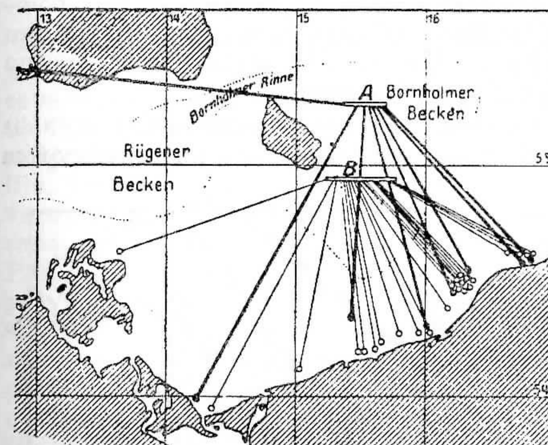
dlaka. Kitovi su strogo površinske životinje i na površinu su vezani zbog disanja, koje se izvodi na mahove. Izdisanje zraka se kod njih vrši velikom snagom i bukom i vidljivo je, jer se vodena para pri izlazu iz dišnog otvora zgusne u gusti mlaz sličan mlazu vode, koji je značajan za pojedine oblike. Često na površini miruju, a pri tome im dišni otvor ostaje slobodan na zraku. Neki kitovi vrše periodično velika putovanja u vezi s rasplođivanjem. Nordijski kitovi idu do širine Azora, a antarktični do južne Afrike, gdje se pare i rađaju mlade. Kitovi pločani žive obično u hladnim vodama, i to najviše u vezi s hranom, koja je u tim vodama naročito obilna (eufauzidi, kopepod *Calanus finmarchicus*, pteropodi, neke ribe kao *Mallotus villosus*). Više vrsta kitova zubana, kao ogromna glavata uljarka





Sl. 67. — Najobičniji dupini iz Jadrana. Gore: *Delphinus delphis*, dulj. 1.5 do 2.5 m (po Harmeru). Dolje: *Tursiops tursio*, dulj. 3.1 do 3.3 m. (Po Floweru).

(*Physeter macrocephalus*, 10—20 m duga) i neki dupini žive u toplim i umjerenim vodama. U Jadranskom nektonu su najčešći *Delphinus delphis i Tursiops tursio* (sl. 67). Uljarka se hrani poglavito glavonošcima, a dupini ribom.



Sl. 68. — Putovanja markiranih iveraka. A i B označuju mjesta, gdje su markirane ribe bile puštene u more, a krugovi mjesta, gdje su bile ponovno ulovljene. Punktirana označuju područja, čija dubinska voda ima slanoću veću od 10‰. — (Po Strodtmannu iz Gessnera).

Mnoge nektonske životinje pokazuju neke značajne osobine, kao što su zadružnost, povišenje tjelesne topline i pojave seljenja. Neke ribe, naročito iz porodica klupeida i skombrida, i neki kitovi udružuju se u velika jata. Neki nektonski morski psi, sisavci (kitovi) i glavonošci golemih su dimenzija, kakvih inače nema među stanovnicima bentala. Tu pojavu dovodimo u vezu s pelagijskim načinom života u slobodnoj vodi i s neograničenim obiljem pelagijske hrane. Povišenu tjelesnu temperaturu imaju napose neki oblici iz porodice skombrida, tako osobito tunj, kod kojega tjelesna toplina može biti i za nekoliko stupanja viša od okolne vode. Odstupanje od stroge poikilotermije dovodi se u vezu s velikim pokretnim sposobnostima ovih riba i s jakom oksidacijom za snažnog plivanja.

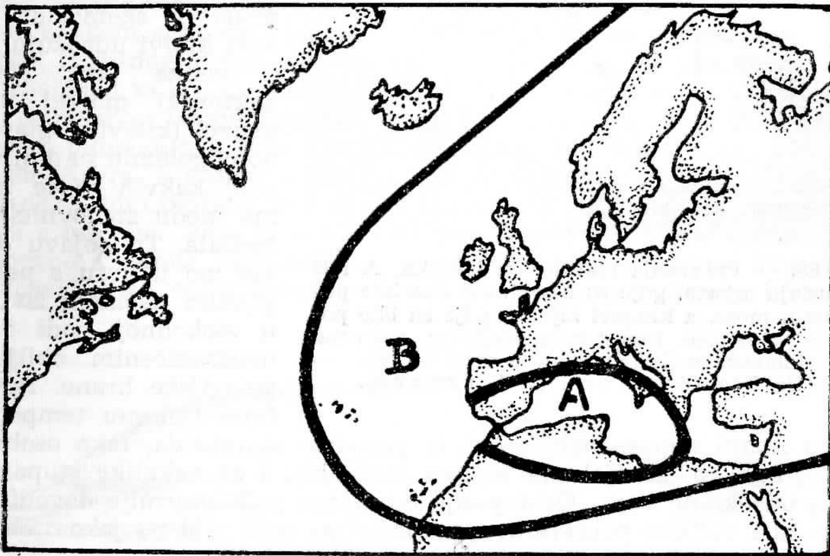
Seobe riba. Najzanimivija je osobina mnogih nektonskih riba pojava njihovih seoba. Te se seobe vrše periodičnim putovanjima iz jednih voda u druge. I ako se seobe pojavljuju i kod nekih bentonskih riba, na pr. iverka (sl. 68), one su naročito značajne za mnoge nektonske oblike, tako naročito za porodice srdjela i skuša.

Poznavanje putova i boravišta riba selica od osobite je praktične važnosti za čovjeka, jer se na njemu temelje tehnika i uspjeh velikog ribolova tih riba. Radi toga izučavanje putova selica ide u prvi plan naučnog istraživanja biologije mora. — Izučavanja ribljih seoba vrše se u novije doba spomoću markiranja. Ulovljene ribe se opremaju značkama s potrebnim podacima i tako puštaju u more, pa se kasnije u slučaju njihova ponovnog lova izvode zaključci o pravcu i brzini putovanja.

Ekonomski najvažnije su ribe selice jadranskog nektona: srdjela, skuša i tunj. Srdjela se već rano u proljeće pojavljuje uz obale, tu ostaje cijelog ljeta i jedan dio jeseni, a u to se vrijeme obilno

hrani planktonom i deblja. Lov na srdjele na Jadranu vrši se stoga uglavnom od proljeća do jeseni. U jeseni nestaje odrasle ribe iz obalnih voda i ona se povlači zimi na položaje, koji nam nisu poznati. U to vrijeme se i mrijesti, te njezina jaja susrećemo u jadranskom planktonu, pa i u planktonu obalnih voda, od kasne jeseni do polovine proljeća. Mlade, još nerazvijene srdjele ostaju u plitkim obalnim vodama i zimi. — I b r g l j u n, oblik južnijih voda, vrši vjerojatno opsežnija putovanja, o kojima malo što znamo.

H a r i n g e sjevernih voda vrše vrlo opsežna putovanja, koja su značajna za različne rase odnosno populacije. Tako na pr. norveška



Sl. 69. — Putovanje tunja. A područje genetskog zbiranja, B područje seljenja odnosno raspršavanja. (Po S e l l i iz H e l d t a).

proljetna haringa nakon mriješćenja, koje se vrši na zapadnoj obali Norveške između 58° i 63° sj. šir. od veljače do travnja, seli se prema sjeveru do 68° sj. šir. i tu se obilno hrani planktonom, i love je kao tustu haringu od studenoga do veljače, kad se u povodu dozrijevanja gonada ponovno vraća prema mrijestilištima na jugu.

J a d r a n s k a s k u š a nakon mriješćenja, već počevši od travnja, dolazi u pliće obalne vode i tu ostaje u ljetu i jeseni hraneći se poglavito planktonom i mladim ribicama. Skuša se lovi od proljeća pa do jeseni. Pod konac jeseni povlači se u dublje, toplije i više slane vode, i tu se zimi mrijesti. Nije sigurno, da li se u zimi

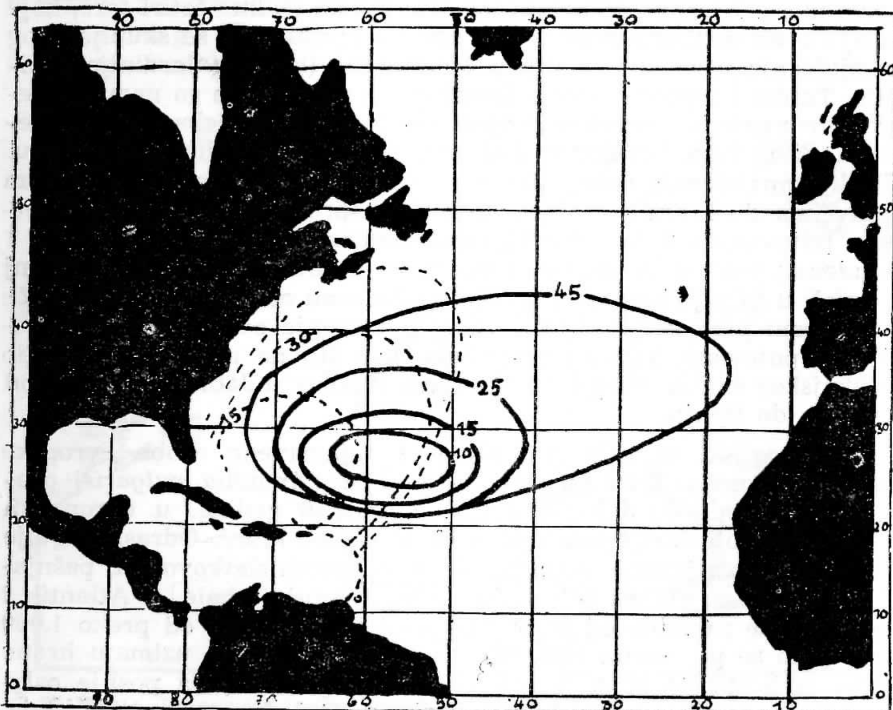
nalaze sve na morskome dnu, kako bi se moglo zaključiti po nalazima u sjevernom i srednjem Jadranu, ili možda one u južnijim vodama, gdje su temperatura i slanoća cijele godine dovoljno visoke, ostaju i zimi u slobodnoj vodi i tu se mrijeste (L i s s n e r).

T u n j je klasičan primjer ribe selice (sl. 69). Mediteranski tunj *(Thynnus thynnus)* živi na području cijelog Mediterana i Crnoga mora, i u istočnom Atlantiku od Kanarija i Azora do Islanda i Barencova mora. Njegove seobe obuhvaćaju tokom godine četiri faze, koje S e l l a shematizira ovako: U svibnju i lipnju tunj se skuplja zbog mriješćenja u zapadnom dijelu Mediterana (između Sardinije, Sicilije, Tunisa i zapadnih obala Španije), i u to vrijeme ga nema u sjevernim morima, a znatno je rjeđi i u sjevernim dijelovima Mediterana. Zbog toga tunolov u Jadranu prestaje u srpnju i kolovozu. Poslije mriješćenja dolazi ljetno seljenje najvećih amplituda u svim pravcima do krajnih granica njegove rasprostranjenosti (postgenetska putovanja). U to vrijeme, od kolovoza i rujna do listopada i studenog vrši se intenzivan tunolov na Jadranu. Pod zimu se tunj povlači u južnije krajeve, i tunolov u Jadranu od studenog do veljače uglavnom prestaje. Poslije zimskog povlačenja počinje se rano proljetno putovanje manjih amplituda, kao što na pr. na sjeveru do Biskajskog zaliva, zbog čega oživljava tunolov u Jadranu nekako od travnja do lipnja.

Biologijski su vrlo zanimljive i tajanstvene seobe evropske jegulje i lososa. E v r o p s k a j e g u l j a *(Anguilla vulgaris)* provodi svoje odraslo doba, koje traje 8 do 10 godina, u evropskim bujicama, potocima i jezerima, gdje se obilno hrani. Odrasle jegulje u povodu dozrijevanja gonada sele se sa svojih slatkovodnih pašnjaka, nalazili se oni na bilo kojoj tački evropske obale, u Atlantik i mrijeste se zapadno od Bermudskih otoka u dubini od preko 1.000 m. Kako se po svemu čini, ribe na cijelom putu ne uzimaju hrane i na mrijestilišta stižu iscrpljene u tolikoj mjeri, da poslije oslobađanja spolnih proizvoda sve ugibaju. Oplođena jeguljina jaja, specifički laganija od vode, dižu se na površinu, te male listolike i prozirne larve *(Leptocephali)* plivaju nošene strujama prema evropskim obalama. Ovo putovanje larva traje oko tri godine. Nakon tog roka mlade jeguljice, koje tada već imaju valjkasti oblik roditelja, dospijevaju do evropskih obala, zalaze u rijeke, potoke i bujice i tamo ostaju čitav život (8 do 10 godina). Ovaj selidbeni ciklus jegulje otkrio je Danac J. S c h m i d t. — Naročit biologijski interes pobuđuje a m e r i č k a j e g u l j a, *(Anguilla rostrata)*, koja odraslo doba provodi u slatkim vodama Amerike, pa se i ona seli u Atlantik i mrijesti praktički na istom arealu, na kojem i evropska jegulja, no mlade larve se nakon kraćeg putovanja u zajednici s larvama svoje srodnice iz nepoznatih razloga odvajaju od njih

sjeverno od Bermudskih otoka te skreću prema američkom kopnu (sl. 70). Jegulja pripada tipu katadromnih selica, t. j. riba, koje život provode u slatkoj vodi, a radi mriješćenja zalaze u more.

Losos *(Salmo salar)*, riba sjevernog Atlantika, živi i hrani se u moru u blizini ušća sjeveroevropskih i sjeveroameričkih rijeka. Nakon dozrijevanja gonada riba se seli na mriješćenje u slatku vodu



Sl. 70. — Mrijestilišta i podjela larva evropske (*Anguilla vulgaris*) i američke jegulje (*A. rostrata*). Krivulje (punktirane se odnose na američku jegulju) označuju granice, do kojih sežu larve raznih veličina, na pr. larve od 25 mm duljine bile su nađene samo unutar prostora okruženog krivuljom 25 (J. Schmidt).

i u tu svrhu poduzima katkada i hiljadu milja duga, često vratolomna i opasna putovanja do mirnih jezera i potoka, u kojima izbacuje spolne proizvode. Na cijelom putu, koji katkada traje i godinu dana, ne uzima hranu. Poslije dugog i tegotnog napora, gladovanja i mriješćenja ribe su u tolikoj mjeri iscrpene, da samo manji broj uspijeva da se vrati u more, kamo nakon 2—4 godine s bujicama stižu i mladi lososi. Losos u svrhu mriješćenja putuje obično u onaj kraj,

u kojemu se i sam izmrijestio. Ova riba pripada tipu anadromnih selica, t. j. riba, koje život provode u moru, a radi mriješćenja prilaze k obalama ili zalaze u slatku vodu.

Raznoliki su povodi seobama riba. To su na prvome mjestu promjene fizičkih i kemijskih stanja sredine, u kojoj ribe žive. Tako porast temperature iznad nekih granica ili pad ispod njih mogu biti povod za seljenje neke ribe. Tako je s tunjom, koji se u povodu jesenskog i zimskog ohlađivanja vode povlači iz sjevernijih područja svog obitavališta u južnije. — Drugi povod seobama stoji u vezi s dozrijevanjem i oslobađanjem spolnih proizvoda, i prema tome leži u samim ribama. Već samo spolno dozrijevanje može biti povod seljenju. Tako se skuše Sjevernog mora u nastupu zime i na početku dozrijevanja gonada povlače na dubinske brakove, pokrivene atlantskom vodom stalne slanoće (35—35.2‰) i temperature (6⁰—7⁰ C). Analogno se pred zimu povlači i jadranska skuša, a i pontska, koja se u povodu dozrijevanja gonada povlači iz Crnog u toplije i slanije Mramorno more i tu se mrijesti. Analogna pojava zimskog povlačenja, koja ide uporedo s dozrijevanjem gonada, već je navedena i za jadransku srdjelu. Da se zimsko povlačenje skuša i srdjela vrši u povodu dozrijevanja spolnih proizvoda, izlazi iz činjenice, što mlade, još nemrijesne ribe, ostaju i preko zime u plitkim obalnim vodama. Kako je mriješćenje neposredan povod za seljenje, pokazuju navedeni primjeri haringe, tunja, jegulje i lososa. — Dalji povod seobama riba u vezi je s nestašicom hrane. Mnoge od njih nakon periode gladovanja i mriješćenja prevaljuju kraće ili dulje putove u potrazi za hranom. Primjeri su za to ne samo navedena proljetnoljetna putovanja srdjele i haringe, skuše i tunja, nego i putovanja nekih bentoskih riba, kao lista i bakalara.

Što se tiče unutrašnjih uzroka, koji pokreću seobe, o njima malo što znamo. Raznolikost pojava, koje su povod seobama, upućuje svakako na to, da su seobe različiti fiziologijski fenomeni, kojima su uvjet različni uzroci. Jedan od osnovnijih uzroka seoba imale bi biti, prema mišljenju nekih istraživača (Kyle 1926.), poremetnje ravnoteže između osmotskog tlaka spoljne i unutarnje sredine. Instinkt, koji vodi ribe do njihovih mrijestilišta, imao bi biti samo fiziologijska reakcija na poremetnje ravnoteže osmotskog tlaka obiju sredina.

Postoji visoki osmotski tlak u vanjskoj sredini i u krvi riba (str. 128). Ravnoteža između jednog i drugog tlaka može biti poremećena bilo promjenama u organizmu — a to zbog nagomilavanja rezerve ili dozrijevanja spolnih proizvoda — bilo izvan njega promjenom fizičkih i kemijskih odnosa. Mora da su organizmi vrlo osjetljivi na poremetnju ove ravnoteže, a to naročito u doba dozrijevanja i oslobađanja gonada. Jaja će se deformirati i puknuti, ako je znatna razlika tlaka u vanjskoj sredini i jajnim opnama. Ribe, koje na znatnije poremetnje ne mogu odgovoriti ponovnim uspostavljanjem ravnoteže, prisiljene su da traže izlaza seljenjem u druge vode. Greene (Kyle 1926) opažao

je, da krvni tlak lososa pada, koliko riba iz mora zalazi u slatku vodu. Obrnuto kod jegulje opažen je porast tlaka s prijelazom u more. U oba slučaja seljenje ide uporedo s regulacijom unutarnjeg tlaka prema tlaku u vanjskoj sredini.

Seobe, koje su u vezi s iscrpenom hranom, pripadaju očito drugoj grupi fiziologijskih osobina. Pokretni uzrok ovih seoba nije poznat, no pretpostavlja se, da iscrpenost uzrokuje stanje, koje sili ribu da slijedi plijen sve dotle, dok joj fizički i kemijski uvjeti sredine to dopuštaju.

Faktori, koji određuju pravac i odredište seoba nalaze se, kako se čini, koje u ribi, a koje izvan nje. Unutrašnji faktor stoji u genotipski određenom i stoga nasljednom svojstvu selica, da traže mrijestilišta, obilježena približno stalnim hidrografijskim osobinama, u prvom redu određenom toplinom i slanoćom, koje mogu da kolebaju samo u uskim granicama. Tako tumačimo pojavu, da iste vrste, rase ili populacije dolaze na stalne položaje radi mriješćenja, kako je to utvrđeno za razne rase haringe, bakalara i lista sjeveroevropskih mora. U zajednici s unutrašnjim djeluje i vanjski faktor. To su napose struje, a zatim i razlike fizičkih i kemijskih odnosa vode. Naročito je utjecaj struja vrlo znatan. One katkada direktno utječu na opseg ribljih seoba, na pr. seobe haringa u Kategatu prema jugu (Pettersson 1926.). Na koji način struje sudjeluju u određivanju pravca seoba, nije jasno. Pomišlja se na bočnu prugu riba kao organ za osjećanje struja.

Sigurno je, da ribe imaju izvjesno ćutilo za struje, kako se to vidi iz pokusa Clidestera (Scheuering 1930), koji je uspio da strujnim podražajima privuče ribu u zatrovanu vodu. — Također i razlike u fizičkim i kemijskim osobinama vode, osobito temperature i slanoće, sudjeluju u određivanju pravca putovanja riba. Ove slijede vodu sve dotle, dok odgovara njihovim fiziologijskim potrebama, dakle dok ne postane prehladna ili pretopla, preslana ili premalo slana i t. d. Osobito mrijesne ribe reagiraju i na male razlike temperature, a donekle i slanoće. Ova dva faktora utječu bilo sami po sebi, ili kao faktori struja. Od ostalih faktora očito i svijetlo vrši neki utjecaj na pravac seoba, ali, koliko nam je to sigurno poznato, samo u vertikalnom pravcu. Konačno kod određivanja pravca i odredišta seoba katkada sudjeluje i historijski faktor. On se očituje na pr. u putovanjima bakalara. Izvjesno naselje ove ribe mrijesti se u vodama Lofotskih otoka, a na hranjenje ide u Barencovo more i dopire do njegovih krajnih istočnih voda, gdje nalazi prikladnu pašu. U ledeno doba je riba živjela južnije, no koliko je klima kasnije postajala toplija i hladne vode ostajale više na sjever, ona je počela zalaziti sve više prema sjeveru i sjeveroistoku za pašom, na koju je bila navikla. Pri tome je očuvala mjesta mriješćenja kod Lofotskih otoka.

Na koji način sudjeluju obje grupe faktora, unutrašnji i vanjski, u određivanju pravca i odredišta ribljih seoba, nije poznato. Poznavanje unutarnjih promjena, osobito promjena u vrijeme gomilanja pričuve (tovljenja), dozrijevanja gonada i mriješćenja — poznavanje danas posve nedovoljno — i bolje poznavanje oceanskog strujanja očito će nas približiti rješenju ovog zanimljivog, ali zamršenog problema.

Literatura:

BRUSINA Š. (1888), Morski psi, Glasn. hrvat. prir. društva, Zagreb, g. 3. — IDEM (1889), Sisavci Jadranskoga mora, knjiga 95 Rada Jugosl. akad. Zagreb. — FAGE L. (1920), Engraulidae and Clupeidae. Rep. on the Dan. Oceanogr. Exped. 1908—10 to the Mediterranean and adjacent seas. Vol. II. — HELD E. (1930), Le ton rouge et sa pêche. Bull. inst. océan. Salambô, No 18. — KOLOMBATOVIĆ Đ. (1882), Fische welche in den Gewässern von Spalato beobachtet und überhaupt im Adriatischen Meere. Spalato. — KYLE H. M. (1926), Biology of fishes. — LISSNER H. (1939), Über die Makrele des Adriatischen Meeres, Thalassia, vol. III, 8. — PETROVIĆ M. (1940), Roman jegulje, Beograd. — PETTERSSON C. (1926), Currents and Fish migrations in the transition area. Journ. du Conseil, I. — SCHEUERING L. (1930), Die Wanderungen der Fische. Ergeb. der Biol. t. 6.

Treće poglavlje:

JEDINSTVO ORGANSKOG SVIJETA I ŽIVOTNOG PROSTORA U MORU

Životni prostor ili vanjska sredina djeluje na morske organizme u tolikoj mjeri, da se njihova građa i radnje odvojeno od nje ne mogu ni zamisliti, a kamoli pravo razumjeti. S druge strane i morski organizmi utječu na svoj životni prostor. Na taj način nužno postoje između morskih biljaka i životinja s jedne i njihova životnog prostora s druge strane međusobni tijesni odnosi, koji ih vezuju u jedinstvenu cjelinu, složenu koje od živog, a koje od neživog elementa. Jedinstvo se te cjeline očituje najprije u tijesnim odnosima između morskih živih bića i cjeline svih ekologijskih uvjeta sredine, ali isto tako i u odnosima organizama prema pojedinim ekologijskim uvjetima životnog prostora.

ŽIVOT U MORU PREMA CJELINI SREDINE

Morski životni prostor utječe na građu živih bića u moru kao cjelina, t. j. svim svojim ekologijskim uvjetima zajedno.

Morski životni prostor odlikuje se osobinama, koje su znatno različne od osobina životnog prostora kopna. Glavnije su osobine: vodena otopina, koja u sebi sadržava sve elemente potrebne za život autotrofnih bića i propušta svijetlo u debelom sloju, njena velika specifična težina (gustoća), visoka koncentracija soli, jednolikost glavnih biologijskih uvjeta, u prvom redu temperature, slanoće i ionske reakcije i laka pokretljivost i prenosivost vodenih čestica i od toga zavisna povezanost raznih dijelova, naročito putem struja.

Djelovanje morskog životnog prostora kao cjeline čini, da je velika biocenoza morskog života kao cjelina građena na osobit način i pokazuje neke osobine, kojima se razlikuje od kopnenog i slatkovodnog života. Te su osobine naročito: trodimenzionalnost,

sesilnost životinjskog svijeta, jednostaničnost i pokretljivost planktonskog bilja, morfologijska jednostavnost, ali i relativna bujnost organizama.

Trodimenzionalnost. Osnovna je pojava, da se živa bića u moru šire u sva tri pravca morskog prostora i zauzimlju, u gušćem ili rjeđem naselju, sve slojeve u prosječnoj debljini od 3.800 metara. Time se životna zajednica mora razlikuje od zajednice kopna, koja je — tako reći — dvodimenzionalna i razvita u vrlo tankom sloju na granici dviju sredina: uzdušne i kopnene. Trodimenzionalna izgradnja morske biocenoze ima kao posljedicu njezinu osnovnu raščlanjenost u dva velika biologijska područja: pelagijal i bental.

Takvoj raščlanjenosti nema ništa slično na kopnu. Bental bi se u izvjesnoj mjeri još mogao da isporedi s biljnim i životinjskim naseljem kopna, no i tu postoje znatne razlike, jer su morske životinje tješnje vezane uz podlogu nego kopnene. No morski pelagijal se ne može isporediti ni sa kakvom zajednicom kopna. Organizmi uzduha (visoka stabla, ptice, sitni kukci, bakterije) svojom su ishranom i umnožavanjem sasvim zavisni od tvrde podloge, kao i ostali stanovnici kopna.

Dva su faktora, koji su uvjet trodimenzionalnosti životne zajednice u moru, naime hranjivost i gustoća morske vode. Ova sadržava u svom cijelom stupcu sve potrebne uvjete hranjivosti (otopljene soli, ugljični dioksid, kisik), dok je hranjivost kopna ograničena samo na tanak, prozračen i vodom natopljen površinski sloj, a atmosferski uzduh je uopće nema (nedostatak otopljenih soli). S druge je strane gustoća morske vode (oko 770 puta veća od gustoće uzduha) dovoljno velika, da podrži i na sebi trajno nosi — za razliku od uzduha — naselje živih bića, ali ipak nije tolika, da bi priječila putovanje i padanje organizama i organskih čestica iz gornjih osvijetljenih i produktivnih u donje neosvijetljene i neproduktivne slojeve, zbog čega je moguće naseljavanje vode u čitavoj njezinoj visini.

Sesilnost. To je jedna od najznačajnijih pojava života u moru. Ne samo mnogobrojne vrste i rodovi (na pr. među amernim crvima i školjkama), nego i čitave veće grupe životinja, kao nečlankoviti crvi kamptozoi, od ehinoderma krinoidi, a među racima ciripediji, pa čak i čitavi najviši sistematski tipovi, kao spužve, knidarijski polipi, tentakulati i ascidije, nisu upućeni na samostalnu lokomociju, nego ostaju trajno pričvršćeni na podlozi. Ta je pojava direktna posljedica trodimenzionalnosti morske biocenoze odnosno postojanja pelagijala, koji je uvjet spontanom pritjecanju hrane iz gornjih vodenih slojeva prema morskom dnu. Hrana tako reći sama od sebe »pada u usta« mnogim bentoskim stanovnicima, pa im stoga nije potrebno da je traže i da se zato pomiču s mjesta. Tako mogu

da provode strogo sesilan ili polusesilan način života, pa u vezi s time pokazuju obično jednostavniju tjelesnu građu, naročita morfologijska prilagođivanja (str. 80) i poseban način hranjenja (mikrofagija, str. 214). Kod kopnenih su životinja zbog potpune odsutnosti pelagijala pojave sesilnosti sasvim nepoznate.

J e d n o s t a n i č n o s t i p o k r e t l j i v o s t m o r s k i h b i l j a k a. Osnovno je obilježje morske vegetacije, da se sastoji veoma pretežno od jednostaničnih i lako pokretljivih planktonskih alga za razliku od kopnenih biljaka, koje su pretežno višestanične i prirasle uz podlogu.

I u moru postoji doduše prirasla vegetacija višestaničnih alga (metafita), no ona po svojoj raznolikosti, a osobito po masi i značenju za cjelinu morskog života daleko zaostaje za jednostaničnim i pokretljivim planktonskim biljkama, koje vrše u ekonomiji morskog života jednaku ulogu, kao što višestanične i prirasle biljke vrše u ekonomiji života na kopnu.

Razvitak bujne vegetacije mikroskopskih biljaka u debelom sloju uzročno je povezan s hemijskim i fizičkim uvjetima sredine, koja je savršena otopina sa svim potrebnim hranjivim elementima i propušta svijetlo u debelom sloju. Odsutnost višestaničnih alga u planktonu nije potpuno objašnjena.

Pojava, da se fitoplankton sastoji samo iz jednostaničnih bića, čini se toliko značajnija, što životinjski plankton sadržava veliko mnoštvo višestaničnih oblika i što »načelno« — kako se čini — ništa ne stoji na putu mogućnosti, da i više alge žive planktonskim načinom života. Činjenicu, da su one sasvim nepoznate u planktonu, mogu donekle protumačiti opće prilike ishrane morskih alga. Vode otvorenog mora, udaljene od morskog dna i od obala, vrlo su siromašne solima u minimumu (fosfatima i nitratima), koje se tu obnavljaju s morskog dna ili s obala. Zbog toga slobodne vode nisu idealno prikladna sredina za život autotrofnog bilja, pa stoga one vjerojatno nisu ni njihova primarna sredina, nego je vjerojatnije to bilo plitko dno. Sekundarno su prešle u slobodne vode samo jednostanične alge, jer su bile, prema metafitima, u mnogo povoljnijem položaju s obzirom na relativno mnogo veću tjelesnu površinu (upijanja) u odnosu prema volumenu (biomasi) i s obzirom na brzinu umnožavanja (H a d ž i 1944). Obalna zona mora i uopće morsko dno solima su u minimumu znatno bogatiji, pa je tu moguća vegetacija viših alga. K navedenom pridolazi vjerojatno još i činjenica, da su biljkama za razvitak potrebni približno stalni uvjeti sredine, a takvi su u slobodnoj vodi samo za jednostanične biljke, koje rastu i množe se vrlo brzo, a ne za metafite, kojima treba za potpun razvitak katkada i više od jedne godine, i za to bi vrijeme mogle strujama dospjeti u znatno različne i nepovoljne uvjete života.

M o r f o l o g i j s k a j e d n o s t a v n o s t. Morski se organizmi općenito odlikuju prema kopnenima jednostavnošću tjelesne građe. To vrijedi u prvome redu za morske biljke, kod kojih je — osim malenog broja »morskih trava«, koje su sekundarno prešle u more — tijelo građeno mnogo jednostavnije nego kod najvećeg dijela kopnenih biljaka.

Tijelo alga nije diferencirano u organe (korijen, stablo i list) s različitom građom, niti ima posebnih naprava za čuvanje, provođenje i ispuštanje vode. Jednostavna građa alga stoji očito u vezi s uvjetima njihove ishrane. One žive u jedinstvenoj i jednostavnoj sredini, koja sadržava sve elemente potrebne za ishranu: hranjive soli, energiju svijetla i potrebne plinove (ugljični dioksid i kisik). U vezi s time kod morskog bilja nije bila potrebna nikakva naročita podjela rada niti specijalizacija dijelova, pa je ono zadržalo različite funkcije uz jednoliku građu.

Kod kopnenih biljaka su prilike sasvim drukčije. One žive zapravo u dvije sredine, u zemlji, u kojoj je voda s rastopljenim solima, i u uzduhu, koji sadržava potrebne plinove i energiju svijetla. U vezi s takvim dualitetom sredine kod kopnenog bilja je došlo do podjele rada, i ono je razvilo različite organe, i to u prvom redu korijen, koji služi primarno za upijanje vode, i list, koji vrši poslove oko upijanja ugljičnog dioksida, ispuštanja vode i kisika te fotosinteze. Pored toga — naročito u vezi s potrebama provođenja vode od korijena do lista i podržavanja lišća na svijetlu protiv utjecaja sile teže — razvijeno je također posebno građeno stablo.

I morske životinje imaju općenito jednostavniju građu od kopnenih. Ta se jednostavnost javlja na više načina. Već gubitak samostalnog pokretanja i prijelaz na s e s i l a n n a č i n života, koji je u tolikoj mjeri značajan za život u moru, imao je kao posljedicu sekundarno pojednostavnjenje tjelesne građe, kakvo susrećemo u većoj ili manjoj mjeri kod svih sesilnih eumetazoa. Kod brojnih je morskih organizama relativna jednostavnost tjelesne građe primarna, jer je more povoljnija sredina za život nego kopno i djeluje na čuvanje prvobitnih primitivnih tipova mnogo bolje nego slatka voda ili kopno. — Jednostavnija građa kod mnogih morskih životinja potječe odatle, š t o n e m a j u p o m o ć n e o r g a n e za reprodukciju. Laka pokretljivost vodenih čestica omogućuje susretanje i spajanje jajnih i sjemenih stanica i bez neposrednog zahvata roditelja. Zbog toga mnoge morske životinje nemaju spoljašnjih spolnih organa i one rješavaju problem rađanja jednostavno tako, da izbacuju veliko mnoštvo spolnih stanica, kojima vodena sredina omogućuje susretanje i spajanje.

Ipak ni u moru nisu rijetki slučajevi spoljašnjih spolnih organa, koji dolaze već kod nekih vrlo niskih metazoa, na pr. acelnih turbelara, pa čak i viviparnosti.

Jednostavnost tjelesne građe nekih morskih organizama dolazi donekle i od nedostatka, slabijeg razvitka ili redukcije građevnih skeleta. Jedna zadaća tih skeleta je podržavanje mase protiv djelovanja sile teže. Ta zadaća postaje u morskoj vodi zbog njezine znatne gustoće gotovo suvišna, pa nam to može objasniti pojavu, da nema nikakvih unutrašnjih i spoljašnjih skeleta kod mnogobrojnih hladetinastih (gelatinoznih) životinja (meduza, sifonofora, ktenofora i t. d.) kao i pojavu redukcije skeleta kod mnogih životinja, koje su sekundarno prešle na morski život (gušteri i sisavci). Koliko skeleti dolaze kod morskih životinja (unutrašnji koštani skeleti riba koštunjača, kožni skelet ehinoderma, spoljašnji kutikularni skeleti rakova i t. d.), služe oni kao uporište mišića, kao zaštita nježnijih tjelesnih organa i kao obrana protiv neprijatelja i nepovoljnih utjecaja sredine.

Utjecaj gustoće vodene sredine na djelomičnu ili potpunu redukciju skeleta očituje se naročito, ako isporedimo skelete najvećih kopnenih životinja, kao slona i izumrlih velikih gmazova sa skeletima najvećih morskih životinja. Dok su kod kopnenih skeleti u svakom slučaju vrlo jaki, kod morskih su vrlo zaostali ili sasvim nestali. Kit ima tako zakržljao skelet, da mu na kopnu ne bi ni izdaleka bio dovoljan, pa stoga, kad se nasuče na kraj, ruši se pod vlastitom težinom. Morski psi najvećih dimenzija i mišićnih sposobnosti imaju uglavnom hrskavičan skelet. Glavonošci i pored svoje velike mišićne aktivnosti i katkada ogromnih razmjera, uopće nemaju — osim zakržljalih ostataka — nikakvog skeleta, i ne bi se moglo ni pomisliti na postojanje sličnih oblika na kopnu. Samo u morskoj sredini je moguć opstanak nekih orijaških alga, kojih jednostavna steljka nema nikakovih posebnih mehaničkih tkiva, kakva su potrebna kopnenim biljkama (*Macrocystis pyrifera* mjeri preko 50 m u duljinu).

Budući da je gustoća morske vode faktor, koji u velikoj mjeri isključuje utjecaj teže, u moru su moguće gotovo neograničene tjelesne mase, za razliku od kopna, gdje opterećenje ima za posljedicu ograničenje tjelesne težine. To nam može objasniti pojavu, da uzdušne životinje općenito zaostaju u težini za svojim morskim srodnicima. Dok modri kit ima do 27 m dužine i do 147 tona težine, najveći recentni sisavac kopna, slon, mjeri do 3.5 m duljine i do 4 tone težine, a golemi *Brontosaurus* sa približno 38 tona predstavlja tek oko jednu četvrtinu težine spomenutog kita (Hesse).

Jednostavnost se tjelesne građe morskih životinja očituje, napokon, i u nižem stepenu razvitka centralnog živčevlja. Budući da more svojom relativnom stabilnošću ekologijskih uvjeta utječe na održavanje primitivne građe, morske životinje su ostale na nižem stepenu razvitka centralnog živčevlja i osjetnih

organa (slušni organi su istom tekovina kopnenih životinja) i životnih manifestacija odnosno instinkata, koji od njih potječu. Samo kod glavonožaca i viših rakova postoje u tom pogledu neke pojave, koje se mogu donekle porediti sa sličnim pojavama kod kopnenih životinja. No ni kod ovih životinja nema ni traga socijalnih pojava, kakve susrećemo kod nekih životinja kopna (mravi, pčela i termita). Ni kod morskih kičmenjaka nema ništa od socijalne organizacije osim najelementarnijih pojava povremenog udruživanja u jata.

Sve navedene činjenice, naime sesilnost, jednostavnost građe morskog bilja, nedostatak pomoćnih organa u svrhu reprodukcije kod mnogih životinja, nedostatak ili pojednostavnjenje građevnih skeleta kao i niži stepen razvitka centralnog živčevlja dokazi su općenito jednostavnije građe morskih organizama, zbog čega su oni u tješnjim i neposrednijim odnosima s vanjskom sredinom nego organizmi kopna.

Bujnost. Bujnost života u moru očituje se i prostorno i vremenski. Prostorno je morski život bujan ne samo u toplim vodama tropa, gdje se ističe neizrecivo bogatstvo oblika, nego također i u polarnim vodama, gdje veliko mnoštvo individua, t. j. veličina mase, nadoknađuje relativno siromaštvo oblika. Bujnost morskog života nije povremena ili sezonska, nego je više ili manje trajna, jer u moru život buja neprestano, iako ne uvijek jednako intenzivno, cijele godine. U moru nema zimskog počinka, kakvo se često javlja na kopnu i u slatkoj vodi. Uzrok je tomu napose u trajno povoljnim uvjetima sredine. Da se morska bića nalaze trajno u povoljnim prilikama života, tomu su dva razloga: ekologijska stabilnost morske vode i činjenica, da se morski organizmi trajno nalaze u blizini ekologijskog optimuma. Ekologijska stabilnost potječe od jednolikosti fizičkih i kemijskih uvjeta, u prvom redu temperature, slanoće i ionske reakcije, koji pokazuju na otvorenom oceanu općenito malena kolebanja.

Samo izuzetno neka, uostalom vrlo ograničena područja oceana pokazuju na malom prostoru velike razlike i nagla kolebanja životnih uvjeta, koja pogubno djeluju na morske organizme toga kraja. Takva područja su ona, gdje se susreću i mimoilaze struje različitog porijekla, na pr. u području Newfoundlanda, gdje susretaj hladnije i manje slane Labradorske s toplijom i slanijom Zatonskom strujom donosi smrt mnogobrojnim oblicima, koji poput kiše padaju na nevfoundlanske pragove i služe kao paša bakalarevim jatima.

Bujnost morskog života potječe i odatle, što se morski organizmi trajno nalaze u blizini ekologijskog optimuma. Koliko ocean pokazuje u različitim svojim dijelovima različite uvjete, toliko se u raznim područjima javljaju razni biljni i životinjski oblici, koji su prilagođeni tim uvjetima. Tome ide mnogo na ruku njihova

pokretljivost, i to aktivna vlastitim snagama ili pasivna spomoću struja, koja im omogućuje, da u izvjesnom razdoblju života nađu područja s onakvim životnim uvjetima, kakvi im najbolje odgovaraju.

Bujnost, koju pokazuje morski život, ne susrećemo općenito ni u slatkoj vodi ni na kopnu. U slatkoj vodi to dolazi odatle, što je tu život udaljen više od optimuma, s obzirom na uvjete sredine, nego u moru. Time tumačimo pojavu, da morske životinje pokazuju u cjelini veće dimenzije od slatkovodnih. Nije puki slučaj, što u moru dolaze orijaški moluski kao na pr. glavonošci od 17 m duljine, ogromna školjka *Tridacna* s 2 m promjera, ogromni raci i ribe (morski psi).

Život na kopnu, pored vrlo znatnih opasnosti, koje dolaze od nagle promjenljivosti nekih faktora sredine, kao suša, žega, led i t. d., ima dvije prednosti, a te su: obilje biljne hrane i plinova, koji su važni za život (ugljični dioksid i kisik). Stoga na mjestima kopna, gdje su i drugi ekologijski uvjeti općenito povoljni, kao naročito stepen vlažnosti i temperatura, razvija se vrlo bujan život. Takve optimalne uvjete susrećemo u području toplog pojasa cijele godine i u umjerenim pojasima od proljeća do jeseni. No i u tim geografijskim širinama ima prostranih područja, gdje je život vrlo siromašan (pustinje, visoke planine).

Literatura:

BIGELOW H. (1931), Oceanography, Boston and New York. — FRIEDERICHS K. (1937), Ökologie als Wissenschaft von der Natur oder biologische Raumforschung, Bios 7. — HESSE R. (1924), Tiergeographie auf ökologischer Grundlage, Jena. — STANKOVIĆ S. (1933), Okvir života, Beograd.

ŽIVOT U MORU PREMA POJEDINIM UVJETIMA SREDINE

Život u moru prema slanoći

Slanoća odnosno molekularna koncentracija vanjske sredine vrši znatne i mnogostruke utjecaje na život morskih bića. Ovi se utjecaji neposredno očituju u molekularnoj koncentraciji unutarnje sredine morskih organizama, u sastavu komponenata soli u krvi i sokovima morskih životinja i biljaka i u njihovoj rasprostranjenosti.

Molekularna koncentracija (osmotski tlak ili vrijednost) unutarnje sredine morskih organizama i njezino održavanje. Pod unutarnjom sredinom morskih organizama shvaćamo njihovu tjelesnu tekućinu, t. j. stanični sok biljaka i krv, celomnu tekućinu i limfu životinja. Molekularna je koncentracija unutarnje sredine morskih organizama općenito vrlo visoka. Kod morskih alga je prema inače još dosta oskudnim podacima (tab. 16) nešto viša od mol. koncentracije okolne vode. U tom pogledu se one razlikuju od slatkovodnog bilja, kod kojeg se osmotski tlak kreće nekako između 8 i 14 at. (Gamma).

Tablica 16

	Stanič. sok	Morska v.	Razlika
Cystoseira barbata (izdanci)	30,2	25,2	5,0
Sargassum linifolium (listovi)	31,8	25,1	6,7
Rytiphloea tinctoria (gl. grane)	29 6	25	4,6
Spyridia filamentosa „ „	29,0	25,2	3,8
Valonia macrophysa	27,19	26,17	1,02
„ utricularis	27,31	26,17	1 14

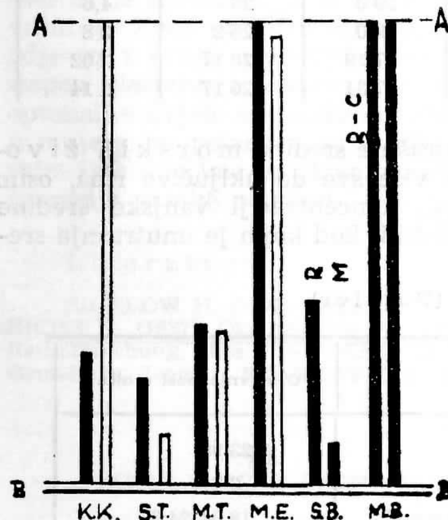
Molekularna je koncentracija unutrašnje sredine morskih životinja, od jednostaničnih pa na više sve do uključivo riba, osim koštunjača, približno jednaka mol. koncentraciji vanjske sredine (Botazzi). Izuzetak čine neki selahiji, kod kojih je unutrašnja sre-

Tablica 17 (Portier)

Sredina		Osm. vrijednost u atm.
Voda	morska (35‰)	23 98
	slatka	0 24
Raci	morski (Carcinus maenas)	18 04-24 06
	slatkov. (Astacus fluv.)	9 62
Ribe hrskav.	morske (Scyllium)	26.47
	slatkov. (Pristis monodon)	12.27
Ribe košt.	morske (Gadus morrhua)	8 42
	slatkov. (Cyprinus carp.)	6.01
Kornjače	morske (Thalassochelys)	7.22
	kopnene (Testudo)	5 29
Sisavci	morski (kit)	8 42
	kopneni	7.22

dina nešto hipertonična. Prema tome najveća većina morskih životinja je i z o t o n i č n a i p o i k i l o s m o t s k a. Samo ribe koštunjače, morske kornjače i morski sisavci imaju osmotski tlak nezavisan i niži od tlaka vanjske sredine. Ove životinje žive u hipertoničkoj sredini i one su h o m o j o s m o t s k e (Sl. 71, tablica 17).

Pojava izotoničnosti kod najveće većine morskih životinja dokazuje, da slanoća odnosno molekularna koncentracija morske vode neposredno određuje molekularnu koncentraciju ili osmotski tlak u njihovoj tjelesnoj tekućini. Ovaj se utjecaj pokazuje još očitije, uzmemo li u razmatranje molekularnu koncentraciju u krvi kopnenih i slatkovodnih oblika, kod kojih ona nije zavisna ni određena od vanjske sredine, nego je približno stalna i znatno viša. Slatkovodne životinje žive u hipotoničnoj sredini i vladaju se kao h o m o j o s m o t s k a bića. Osim toga osmotski je tlak kod slatkovodnih životinja, u apsolutnom iznosu, niži od tlaka kod njihovih srodnika iz morske vode (sl. 71 i tabl. 17).



Sl. 71. — Osmotski tlak tjelesnih tekućina kod raznih životinjskih grupa. KK kopneni kičmenjaci, ST slatkovodni teleostei, MT morski teleostei, ME morski elasmobranhiji, SB slatkovodni beskičmenjaci, R raci, M mekušci, MB morski beskičmenjaci, R-C raci-cefalopodi, E ehinodermi. Crta AA odgovara osmotskom tlaku morske vode, crta BB onome slatke vode. Crni stupac predstavlja koncentraciju krvi, a bijeli koncentraciju mokraće. (Prema P o r t i e r u).

Izuzetno neke morske životinje stalno pokazuju u normalno slanoj morskoj vodi znatno niži tlak od svoje sredine (hipotonija). Tako se vladaju raci *Leander serratus* i *L. squilla*. Ta pojava vjerojatno kod njih potječe odatle, što su oni bili prilagođeni slatkoj vodi, odakle su se naknadno povratili u more (P a n n i k a r).

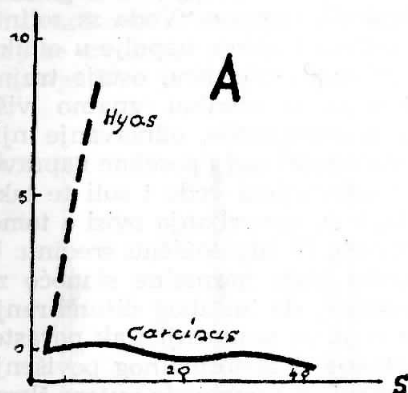
E u r i o s m o t s k a i s t e n o s m o t s k a b i ć a. Neki (poikilosmotski) morski organizmi mogu podnijeti širi razmak kolebanja molekularne koncentracije vanjske sredine, i uporedo s tim kolebanjima mijenja se i njihov unutarnji tlak. To su e u r i o s m o t s k i organismi. Takvi su mnoge morske alge, kod kojih granični slojevi lako propuštaju vodu i soli, pa stoga osmotski tlak u njihovim stanicama raste ili pada s porastom ili padom tlaka u vanjskoj sredini. Slično se vlada i manji broj morskih životinja, kao crvena morska zvijezda (*Asterias rubens*) i dagnja (*Mytilus edulis*), koje u vrlo oslađenoj morskoj vodi mogu podnijeti jako razrjeđenje tjelesne tekućine bez opasnosti po život. No najveći broj morskih životinja mogu podnijeti samo uski razmak kolebanja molekularne koncentracije vanjske sredine i održavaju približno stalan unutrašnji tlak. To su s t e n o s m o t s k i organizmi.

O d r ž a v a n j e s t a l n o g t l a k a k o d s t e n o s m o t s k i h ž i v o t i n j a. Dok stenosmotski organizmi žive u izotoničnoj otopini, nalaze se u optimalnim prilikama za održavanje stalnog unutarnjeg tlaka i ne treba im za to nikakvih naprava. Voda sa solima slobodno struji u njima i opet se sa solima izlučuje napolje u obliku izotonične mokraće, a molekularna koncentracija krvi ostaje trajno ista. Ako stenosmotske životinje dospiju u sredinu znatno više (hipertoničnu) ili niže (hipotoničnu) koncentracije, održavanje njihova stalnog tlaka zahtijeva osobit fiziologijski rad i posebne naprave, koje aktivno upravljaju primanjem i odavanjem vode i soli te tako održavaju stalan unutarnji tlak. Način toga upravljanja ovisi o tome, da li su organizmi dospjeli u hipertoničnu ili hipotoničnu sredinu. U hipertoničnoj sredini, kakva je morska voda normalne slanoće za ribe koštunjače, one su izložene opasnosti, da im zbog difundiranja vode iz tjelesne tekućine u vanjsku sredinu unutarnji tlak poraste. Protiv takvog gubitka vode (dehidratacije) i abnormalnog povišenja osmotskog tlaka one se održavaju primanjem nove vode putem škrga i probavila, a s druge strane izbacivanjem suvišnih soli iz tijela putem škrga, gdje taj posao obavljaju naročito diferencirane stanice (S m i t h). Osim toga njihovi bubrezi izlučuju mokraću, koja je izotonična s krvlju, i tako se i njome izlučuje višak soli. U h i p o t o n i č n o j sredini, t. j. u bočatnoj vodi, morski su organizmi izloženi opasnosti, da im se tjelesna tekućina razrijedi i osmotski tlak krvi padne ispod određenih granica, i uklanjanje te opasnosti zbiva se na razne načine. Neke ribe, kao jegulja, izlučuju na površini tijela sluz, koja naprosto blokira pristup vode u tijelo. Neke životinje, kao rak *Carcinus maenas*, aktivno na još neobjašnjen način sprečavaju primanje suvišne vode. Taj rak može i nekoliko dana ostati u hipotoničnoj otopini, a da ne poraste znatno u težini, jer mu je koža za to vrijeme nepropusna za vodu (sl. 72). Naprotiv njegov stenohalini rođak *Hyas* već za nekoliko sati postaje znatno teži radi propuštanja vode kroz kožu. Analogno kod vrste *Carcinus maenas* krvni pritisak u bočatnoj vodi sporo pada, dok kod vrste *Maia* pada vrlo naglo (sl. 73). Razlog ovog različitog vladanja nije nam poznat.

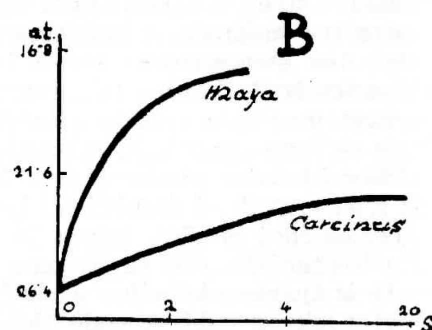
Razrjeđenje tjelesne tekućine kod životinja zaprečuje se i intenzivnim i brzim izlučivanjem vode spomoću nefridijskog aparata. U tu svrhu mnogi slatkovodni crvi i neki raci imaju znatno duže nefri-

dijske kanale nego njihovi bliži morski rođaci, pa se pretpostavlja, da bolje razvjeni nefridijski aparat slatkovodnih oblika vrši veći rad, t. j. obilnije izlučivanje mokraće (S c h l i e p e r 1933). I kod slatkovodnih riba koštunjača izlučivanje je mokraće intenzivnije, jer su im glomeruli bubrega brojniji i razvijeniji nego kod morskih.

Mokraća je slatkovodnih koštunjača s obzirom na krv hipotonična, dok je kod morskih izotonična. Dok slatkovodna riba izlučuje na kilogram tjelesne težine u 24 sata 100 do 300 cm³ mokraće, što bi odgovaralo za čovjeka od 60 kg težine iznosu od 6—8 lit. na dan, morska riba izlučuje u to vrijeme samo 3 cm³, što bi odgovaralo kod čovjeka samo iznosu od 180 cm³.



Sl. 72. — Promjena tjelesne težine kod rakova *Hyas* (stenohalin) i *Carcinus* (eurihalin) nakon prenašanja iz približno normalno slane (30.20‰ S) u bočatnu (20.0‰S) vodu. (Po S c h l i e p e r u).



Sl. 73. — Smanjenje molekularne koncentracije krvi kod rakova *Maia verrucosa* i *Carcinus maenas* nakon prenašanja iz normalno slane (mediteranske) vode u bočatnu. *At*, tlak u atmosferama, *s*, trajanje u satima. (Po S c h l i e p e r u).

Kod mnogih morskih životinja zapriječuje se razrjeđenje unutrašnje sredine aktivnom apsorpcijom soli spomoću škrga, kako je to kod raka *Carcinus maenas*.

Održavanje osmotskog tlaka naročitim fiziologijskim radom zahtijeva potrošak energije, koja dolazi, kako se po svemu čini, od pojačanog disanja (S c h l i e p e r 1930). Ustanovilo se, da morski organizmi, preneseni u vodu manje slanoće, intenzivnije dišu *(Carcinus maenas)*. Jednako se pokazalo, da larve nekih slatkovodnih hironomida *(Chironomus* roda) imaju razvijenije škrge od larva morskih oblika istoga roda (L e n z 1920). Račić *Mysis relicta* treba znatno veću množinu kisika za život u slatkoj nego u slanoj vodi (u dubini) Baltika (T h i e n e m a n n 1920). Crvi *Gunda ulvae* i *Nereis diversicolor* gube sposobnost osmotske regulacije u vodi, koja je siromašna kisikom, ili ako ima u njoj tvari, koje sprečavaju disanje (na pr. KCN, S c h l i e p e r).

Navedenom mišljenju, da energija za regulaciju osmotskog tlaka dolazi od pojačanog disanja, ne protivi se mišljenje nekih istraživača (S c h l i e p e r), po kojemu je pojačano disanje slatkovodnih i bočatnih životinja skoro opće-

nita pojava, koja zavisi od jačeg bubrenja protoplazme u slatkoj vodi. Pojačano disanje u slatkoj vodi daje višak energije, koji neke životinje upotrebljavaju za izvršenje rada oko održavanja molekularne koncentracije. Činjenice, što pojačano disanje katkada dolazi i bez bubrenja tkiva (na pr. kod crva *Nereis diversicolor)* i što se katkada javlja jako bubrenje uporedo s padom potroška kisika (kod *Asterias rubens*), a iznad svega pojava, da neke životinje, ako nema dovoljno kisika, ne mogu održavati osmotski tlak ni pri istoj slanoći (B e a d l e), opravdavaju mišljenje, da je osmotska regulacija u vezi s disanjem. Ova pretpostavka objašnjava i pojavu, da životinje, koje iz mora prodiru u bočatnu ili slatku vodu, u njima traže naročito one biotope, koji su bogatiji kisikom, dok njihovi rođaci u moru takve biotope ne traže (primjer daje rod *Gammarus*).

Morske alge ne pokazuju nikakvih naprava za regulaciju osmotskog tlaka. Njihove stanice lako propuštaju vodu i soli i u vodi niže koncentracije ubrzo nabubre. Fiziologijski problem morskih alga ne sastoji se u nalaženju načina za održavanje stalnog unutrašnjeg tlaka, kao što se to zbiva kod životinja, nego u prirođenoj ili stečenoj sposobnosti prilagođivanja promjenama osmotskog tlaka, koje mogu nastati u njihovu staničnom soku.

Funkcija slanoće se u moru ne ograničuje na održavanje osmotskog tlaka. Morske ribe su znatno hipotonične, pa ipak ne mogu živjeti izvan morske vode. U nekim slanim jezerima dolaze visoke koncentracije soli slične onima u moru, pa ipak u njima ne mogu živjeti morski organizmi. Očito morska voda ima u sebi materije, odnosno elemente, kojih nemaju ni slatke vode ni vode slanih jezera, i koji su prijeko potrebni za život morskih organizama.

E u r i h a l i n i i s t e n o h a l i n i o r g a n i z m i. Morske biljke i životinje ne podnose u jednakoj mjeri osmotska kolebanja u okolnoj sredini. Neke alge ne mogu podnijeti bez štetnih posljedica po životne procese znatniji porast ili pad osmotskog pritiska u staničnom soku. Analogno i mnoge životinje imaju vrlo ograničenu sposobnost da održavaju stalan osmotski tlak, pa stoga molekularna koncentracija njihove tjelesne tekućine već u nešto slanijoj vodi raste iznad, a u nešto razređenijoj pada ispod određenih granica, u kojima mogu živjeti. Život je ovih biljki i životinja upućen na usko područje kolebanja slanoće, a osjetljiv je prema bilo kakvim njezinim znatnijim promjenama. Ovi — s t e n o h a l i n i — organizmi žive samo u normalno slanoj morskoj vodi (34—37‰), kakva se nalazi na površini otvorenog oceana, u dubinama i uz obale dalje od ušća većih slatkovodnih pritoka.

Među stenohaline oblike ubrajamo većinu crvenih i smeđih alga i mnoge zelene alge, kao na pr. planktonsku *Halosphaera viridis*, koja ne živi u vodi manje od 33‰ slanoće. Tipske stenohaline životinje su radiolariji, spužve, velika većina knidarija, među njima osobito sifonofore, meduze i koralji *(Anthozoa)*, zatim ktenofore, od moluska amfineuri, opistobranhiati, skafopodi i glavonošci, zatim briozoi, brahiopodi, ehinodermi i skoro svi tunikati.

Druge neke alge mogu kod promjena slanoće bez štete podnijeti znatan, pa i vrlo znatan porast odnosno pad osmotskog tlaka u sta-

ničnom soku. Analogno i neke životinje imaju u velikoj mjeri sposobnost da održavaju stalan tlak i kod znatnijeg porasta ili pada molekularne koncentracije u okolnoj vodi. Sve te biljke i životinje mogu podnositi i vrlo znatna kolebanja slanoće. Stoga takva — e u r i h a l i n a — bića imaju šire područje rasprostranjenosti, te ih nalazimo i u blizini riječnih ušća kao i u zatvorenim i razrijeđenim morima. Relativno mnogo eurihalnih oblika nalazimo među zelenim algama. Kao primjeri mogu poslužiti neki oblici iz rodova *Enteromorpha, Ulva* i *Chaetomorpha*. Mnoge, naročito zelene alge mogu podnositi vrlo visoke koncentracije soli i stoga dolaze u slanim jezerima, solanama i u obalnim škrapama, u kojima katkada u vrijeme niske vode slanoća poraste do potpune zasićenosti i do taloženja kristala soli. Tako *Chlamydomonas Dunalii* podnosi 200 do 250‰ slanoće (A r t a r i). Neke modrozelene litofitske alge, rasprostranjene u škrapama na jadranskoj obali, asimiliraju, kako se čini, i pri 282‰ slanoće (E r c e g o v i ć). Visoke koncentracije soli (do 115‰) podnosi modrozelena alga *Microcoleus chtonoplastes,* koja često prekriva u obliku tamnozelenih, gotovo crnih, prevlaka bazene, u kojima se taloži sol, i na taj se način u mnogim solanama upotrebljava kao vrlo podesna i čista podloga za kristalizaciju soli. U tom slučaju vrijedi pravilo: Crno tlo (tj. podloga), bijela sol (V o u k 1936). Eurihaline životinje dolaze poglavito među racima, crvima i školjkama. Kao primjeri mogu se navesti *Carcinus maenas, Mytilus* i *Arenicola.* I neke životinje mogu podnijeti skrajno visoke slanoće. Račić *Artemia salina* dolazi u solanama i podnosi slanoću od 230‰. I razređivanje podnose alge općenito lakše od životinja. Zbog toga u područjima jačeg oslađivanja, kakvo općenito dolazi u obalnom području i u nekim zatvorenim morima, biljni su oblici relativno brojniji nego životinjski.

Skrajnu eurihalinost pokazuju oni oblici, koji žive i u morskoj i u slatkoj vodi, kao jegulja. Neki od njih mogu da provedu sav svoj životni ciklus bilo u morskoj ili slatkoj vodi. To su h o l o e u r i h a l i n i oblici (R e m a n e). Takve, uostalom rijetke, organizme susrećemo osobito među nižim životinjama: neki kopepodi, turbelari i oligoheti, račić *Mysis oculata* i ribica *Gasterosteus oculeatus.* Neke druge holoeurihaline vrste umnožavaju se isključivo ili u morskoj vodi, kao jegulja, ili u slatkoj, kao losos, *Petromyzon marinus, P. fluviatilis* i rod *Alosa.*

I z n o s i k o m p o n e n t e s o l i u n u t r a š n j e s r e d i n e. Kao što totalna molekularna koncentracija vanjske sredine utječe na koncentraciju unutrašnje, tako iznos i omjer pojedinih komponenata vanjske koncentracije utječu na iznos i omjer komponenata soli unutrašnje sredine.

I z n o s s o l i u tjelesnoj tekućini morskih životinja možemo izraziti omjerom između množine ili molekularne koncentracije soli

i totalne molekularne koncentracije. Ovaj omjer iznosi kod protozoa i nižih beskičmenjaka (knidarija, crva, školjki i ehinoderma), dakle kod većine morskih životinja, skoro 1 (D u v a l 1925). Kod tih životinja je iznos soli unutrašnje sredine približno jednak iznosu okolne vode. Kod viših životinjskih grupa ovaj omjer, t. j. iznos soli, sve više pada. Kod viših beskičmenjaka (glavonožaca i raka) iznosi oko 90%, dok ostatak molekularne koncentracije (oko 10%) ide naročito na proteinske spojeve. Ribe koštunjače sadržavaju u krvi oko 75% soli od čitave molekularne koncentracije, a ostalih 25 procenata ide osobito na organske sastavine (glukoza, urin, proteinski spojevi). Kod sisavaca soli iznose 66%. Na taj je način sadržaj soli, počevši od nižih morskih životinja prema višima, sve manji u totalnoj koncentraciji njihove unutarnje sredine. Izuzetak čine morski psi (selahiji), koji sadržavaju u krvi najmanji iznos soli, naime samo oko 50% od totalne koncentracije, dok se sav ostatak nadoknađuje urinom, proizvodom disimilacije, koji se obilno skuplja u njihovoj krvi (20 do 25 grama u litri krvi).

M e đ u s o b n i o d n o s pojedinih komponenata soli, ako za iznos natrija (Na) stavimo 100, izlazi iz tablice 18 (M a c a l l u m prema P o r t i e r u 1938).

Tablica 18

	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO_4
Morska voda	100	3.61	3.91	12.1	181	20.9
Limulus	100	5.62	4.06	11.2	187	13.6
Aurelia	100	5.18	4.13	11.4	186	13.2
Homarus	100	3.73	4.85	1.72	171	6.7
Carcharias	100	5.75	2.98	2.76	169	—
Gadus morrhua	100	9.5	3.93	1.41	150	—

Prema toj tablici krv morskih životinja ima iste komponente soli, i one se nalaze u sličnim omjerima kao i kod morske vode.

Sličnost sastava soli u morskoj vodi i u krvi morskih životinja daje povoda tumačenju, da je unutarnja sredina samo ostatak ili trajanje primarne vanjske sredine, koja je zalazila u unutrašnjost prvotnih životinja i očuvala se u njihovim potomcima (M. Q u i n t o n). Znatnije razlike, koje se pokazuju u iznosima kalija i magnezija, tumače se pretpostavkom geologa, da su arhajska mora, u kojima se razvio prvi život, sadržavala viši iznos kalija, a niži magnezija nego recentna mora.

V e l i č i n a t i j e l a i s l a n o ć a. Često se događa, da su primjerci istih vrsta, koji žive u slanijim vodama, veći od primjeraka u manje slanim vodama. Analogno kod istih rodova, koji dolaze

i u morskoj i u slatkoj vodi, morske vrste su obično veće od slatkovodnih. Razlog toj pojavi nije dovoljno objašnjen, ali se čini, da je u vezi s različitim prilikama ishrane u objema sredinama.

O utjecaju slanoće na podjelu i rasprostranjenost morskih organizama isporedi str. 294.

Literatura:

BOTAZZI F. (1897), La pression osmotique du sang des animaux marins. Arch. ital. Biolog. V. 28. — DUVAL M. (1925), Milieu intérieur des animaux aquatiques, Annal. instit. océanogr. II. — KROGH A. (1939), Osmoregulation in aquatic animals, Cambridge. — LENZ J. (1920), Salzwasser und präanale Blutkiemen der Chironomus Larven. Naturwiss. Wochenschr. N. F. XIX. — MACALLUM B. (1926), Paleochemistry of body fluids and tissues. Physiol. Rev. v. 6. — MOSEBACH G. (1936), Kryoskopisch ermittelte osmotische Werte bei Meeresalgen. Beitr. zur Biolog. der Pflanz. Bd 24. — PANNIKAR N. K. (1941), Osmoregulation in some palaemonid prawns in Journ. Mar. Biol. Assoc. XXV. — PANTIN C. F. (1931), Origin of the composition of the body fluids in animals. Biolog. Rev. V. VI. — PORTIER P. (1938), Physiologie des animaux marins, Paris. — SCHLIEPER C. (1930), Die Osmoregulation wasserlebender Tiere. Biolog. Rew. 5. — IDEM (1933), Die Brackwassertiere und ihre Lebensbedingungen vom physiologischen Standpunkt aus betrachtet. Verhandl. intern. Verein Limnol. VI, 1. — SMITH H. W. (1930), The absorption and excretion of water and salts by marine teleosts. Americ. Journ. Physiol. V. XCIII. — VOUK V. (1936), Crno tlo — bijela sol. Priroda XXVI, 7.

Život u moru prema plinovima

Odnosi prema ugljičnoj kiselini

Slobodna ugljična kiselina ima osnovno značenje za život u moru, jer daje sav ugljik potreban za građu morskih organizama. Pored toga ona daje spomoću autotrofne asimilacije i znatan dio kisika, koji je potreban za procese disimilacije. Pored ovih općih i direktnih utjecaja ugljična kiselina djeluje spomoću koncentracije vodikova iona ili pH na unutrašnju sredinu i na život morskih organizama, kao i spomoću kalcijeva karbonata ($CaCO_3$) na život vapnenačkih organizama.

Koncentracija vodikovih iona (pH) ili ionska reakcija morske vode i morski organizmi. Koncentracija vodikovih iona u morskoj vodi utječe na ionsku reakciju unutarnje sredine morskih organizama. Ionska reakcija morske vode na površini oceana kreće se obično između 8.0 i 8.3, i samo u dubljim slojevima pada nešto ispod 8.0. Unutrašnja sredina morskih bića pokazuje slične odnose. Ionska reakcija staničnog soka zelenih, smeđih i crvenih alga približno je neutralna ili točnije rečeno između

6.6 i 7.3 pH, a nikada izrazito kisela (Atkins). U tome se morske alge znatno razlikuju od kopnenog bilja, koje pokazuje obično izrazito kiselu reakciju (pH $<$ 7.0). Samo vrsta *Valonia macrophysa* pokazuje kiselu reakciju (pH = 5.0 do 6.7). — Krv morskih životinja kazuje lagano alkaličnu reakciju, ali nešto manje alkaličnu od reakcije morske vode, naime između 7.2 i 7.8. Kod morskih beskičmenjaka pH je 7.50 do 7.80, kod riba (jegulje i morskog psa) 7.32 do 7.60, a kod morskih sisavaca 7.30 do 7.40 (Duval 1925).

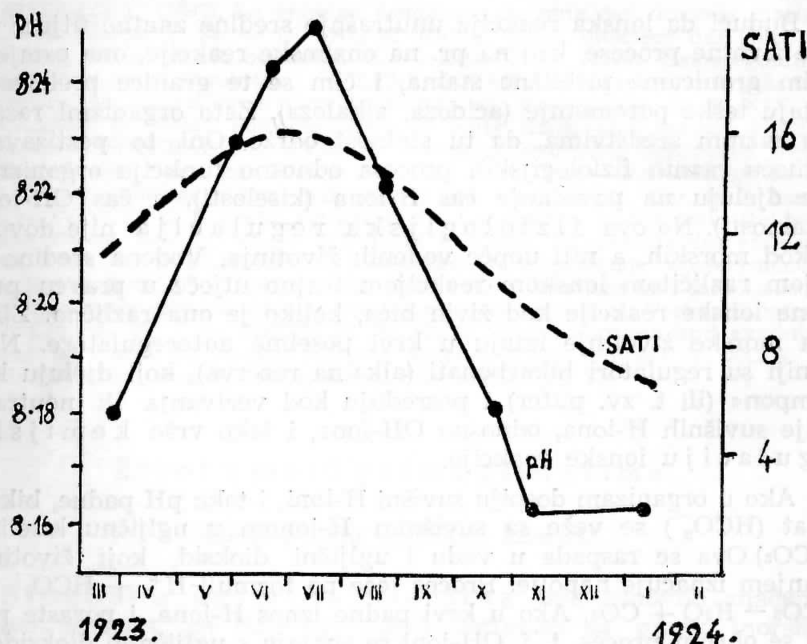
Budući da ionska reakcija unutrašnje sredine znatno utječe na neke životne procese, kao na pr. na enzimske reakcije, ona ostaje u uskim granicama približno stalna, i čim se te granice prekorače, nastaju teške poremetnje (acidoza, alkaloza). Zato organizmi raspolažu raznim sredstvima, da tu stalnost održe. Oni to postizavaju spomoću raznih fiziologijskih procesa odnosno funkcija organizma, koje djeluju na povećanje čas H-iona (kiselosti), a čas OH-iona (alkalnosti). No ova fiziologijska regulacija nije dovoljna kod morskih, a niti uopće vodenih životinja. Vodena sredina sa svojom različitom ionskom reakcijom trajno utječe u pravcu promjene ionske reakcije kod živih bića, koliko je ona različna. Zbog toga morske životinje imaju u krvi posebne autoregulatore. Najvažniji su regulatori bikarbonati (alkalna rezerva), koji djeluju kao »tampon« (ili t. zv. pufer) i posreduju kod vezivanja ili neutralizacije suvišnih H-iona, odnosno OH-iona, i tako vrše kemijsku regulaciju ionske reakcije.

Ako u organizam dospiju suvišni H-ioni, i tako pH padne, bikarbonat (HCO_3^-) se veže sa suvišnim H-ionom u ugljičnu kiselinu (H_2CO_3). Ova se raspada u vodu i ugljični dioksid, koji životinja disanjem izbacuje napolje. Proces teče po formuli $H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2$. Ako u krvi padne iznos H-iona, i poraste pH, vrši se obrnut proces, t. j. OH-ioni se spajaju s ugljičnim dioksidom u bikarbonat po formuli: $CO_2 + OH^- = HCO_3^-$.

Budući da morska voda zbog svojih velikih površina i regulatornog djelovanja struja pokazuje mnogo manja kolebanja ionske reakcije nego slatke vode, morske životinje imaju u krvi znatno manji iznos bikarbonata nego slatkovodne. Dok slatkovodne ribe imaju približno 40 cm^3, morske imaju samo oko 9 cm^3 alkalne rezerve. Čak ista riba nakon prijelaza u morsku sredinu gubi od iznosa alkalne rezerve, tako na pr. kod jegulje iznos pada od 40 na 19 cm^3 već nakon 35-satnog boravka u morskoj vodi (Portier).

Razni morski organizmi različito se vladaju prema kolebanju ionske reakcije u morskoj vodi. Neki od njih mogu podnositi znatnija kolebanja, a drugi su i na manje promjene vrlo osjetljivi.

Zelena alga U l v a može bez štete podnijeti porast alkalnosti (pH) do iznosa od 9.7, dok *Fucus evanescens* ugine već pri 8.6. U kulturi ulve, u kojoj je pH porastao od 8.2 na 9.4, crvena alga *Ceramium rubrum* pokazivala je znakove propadanja (A t k i n s 1922). Ribe reagiraju na vrlo malene promjene ionske reakcije okolne vode. Na području Puget Sounda, koje je na raznim tačkama pokazivalo razne iznose ionske reakcije, haringe su se u velikim množinama



Sl. 74. — Promjena koncentracije vodikovih iona (pH) na površini morske vode u Kanalu u odnosu prema godišnjim dobama i broju sati dnevnog osvjetljenja. S porastom dnevnog osvjetljenja raste i pH, a to radi sve jače potrošnje ugljičnog dioksida uslijed fotosinteze. (H a r v e y).

skupljale samo na onim mjestima, na kojima je pH kolebao između 7.73 i 7.76. Nikada nisu zalazile u vodu s pH manjim od 7.71, a samo su jedamput zašle u vodu s pH većim od 7.9. Sposobnost riba selica da dođu do svojih odredišta potječe vjerojatno od njihove velike osjetljivosti za promjene ionske reakcije u vodi (A t k i n s 1922).

Ž i v a b i ć a s v o j i m ž i v o t n i m p r o c e s i m a u t j e č u n a i o n s k u r e a k c i j u morske vode. U prvom redu morske biljke asimilacijom ugljičnog dioksida djeluju na porast pH u moru (sl. 74).

U morskoj vodi postoji ravnoteža između množine iona slobodne ugljične kiseline (CO_2), bikarbonata (HCO_3^-) i karbonata ($CO_3^{=}$). Ako biljke asimilacijom potroše dio slobodnog ugljičnog dioksida, dio se njegov oslobađa iz bikarbonata, koji time prijeđe u karbonat po formuli: $2\,HCO_3^- \rightarrow CO_2 + H_2O + CO_3^{=}$. Porastom karbonata na račun bikarbonata povećava se u otopini iznos OH-iona na račun H-iona, t. j. pH raste.

Asimilacija ugljičnog dioksida može da djeluje na porast pH u vrlo znatnoj mjeri. *Ulva latissima* je svojom asimilacijskom djelatnošću podigla u kulturi pH od 8.2 na 9.4 (A t k i n s). Sličan se utjecaj katkada očituje i na samom prirodnom staništu. Prema opažanjima A t k i n s o v i m naselje je laminarije u plitkoj obalnoj vodi podiglo iznos pH za 0.15, a neke druge alge u obalnim škrapama čak za 0.25. — Proljetno i ljetno bujanje biljnog planktona može da utječe na porast pH s maksimumom u vrijeme maksimuma fitoplanktonske cvatnje (E r c e g o v i ć).

Utjecaj biljne asimilacije na porast alkaličnosti morske vode može da ide teoretski sve dotle, dok svi bikarbonati u vodi prijeđu u karbonate. To se događa, kad pH poraste na 11.59 (L e g e n d r e 1925). Do toga može doći samo u skrajnim slučajevima, na pr. u obalnim škrapama, koje su bogato naseljene algama i ostanu dulje vrijeme izolirane bez obnavljanja vode.

S druge strane, morski organizmi svojim oksidativnim procesima (disanje, vrenje i rastvaranje) utječu na pad ionske reakcije u morskoj vodi.

Proces teče u obrnutom pravcu nego kod asimilacije. Disanjem oslobođeni ugljični dioksid veže se s karbonatom i vodom te prelazi u bikarbonat po formuli: $CO_2 + CO_3^{=} + H_2O = 2HCO_3^-$. Povećanje bikarbonata znači u isto vrijeme porast koncentracije vodikova iona, dakle pad iznosa pH. — Zbog tih procesa voda se pokazuje u ovom pogledu mnogo manje homogena sredina nego uzduh.

Budući da ugljični dioksid, koji nastaje disanjem, brzo prelazi u bikarbonat i tako ga nestaje, morske životinje ne trpe toliko od obilnosti ovog plina, koliko mogu trpjeti od nestašice kisika.

Utjecaj oksidativnih procesa na pad ionske reakcije očituje se osobito jasno u dubljim slojevima, u kojima ti procesi zbog odsustva dovoljnog svijetla prevladavaju nad procesima asimilacije.

V e z a n a u g l j i č n a k i s e l i n a u o b l i k u v a p n e n c a o d v e l i k o g j e z n a č e n j a z a g r a đ u nekih morskih organizama. Mnogima od njih treba vapnenca i talože ga u svojim stanicama i tkivima odnosno oko njih.

Vapnenac je potreban za izgradnju spikula (spužve), ljuštura (kokolitoforide, foraminifere, moluski), oklopa (bodljari, raci), vanjskih i unutrašnjih skeleta (koralji, briozoi, brahiopodi, kičmenjaci, vapnenačke alge). Na taj način je vapnenac sastavni dio tijela mnogih biljnih i životinjskih vrsta.

Taloženje vapnenca kod bilja vrši se, kako zamišljamo, prema formuli: $Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2$. Dok se oslobađa i taloži vapnenac, u isto vrijeme se oslobađa, pored vode, i CO_2, koji biljka može upotrebiti za asimilaciju. Taloženje vapnenca od životinja može se vršiti posredstvom amonijaka (NH_3), koji nastaje u organizmu kao proizvod izmjene tvari, smanjuje tlak ugljične kiseline vežući je u amonijev karbonat, a time smanjuje i topivost vapnenca, što dovodi do njegova obaranja.

Tropske i subtropske vode s visokim stepenom zasićenosti vapnencem (i preko 300%) za vapnenačke su organizme mnogo povoljniji životni prostor nego hladne polarne ili dubinske vode, koje su vapnencem nezasićene, a to očito stoga, što je obaranje vapnenca u jako zasićenim vodama lakše nego u slabije zasićenim ili nezasićenim. Na taj način možemo objasniti pojavu, da vapnenački organizmi pokazuju u tropima najveću raskošnost u razvitku. Ta se raskošnost očituje osobito u kvantitativnom bogatstvu vapnenačkog fitoplanktona, u razvitku koraljnih grebena i bujnosti drugih vapnenačkih organizama.

S obzirom na vapnenački fitoplankton ustanovljen je na raznim tačkama Atlantskog oceana pravilan odnos između stepena zasićenosti vapnencem i množine kokolitoforida u morskoj vodi prema tablici 19 (H e n t s c h e l).

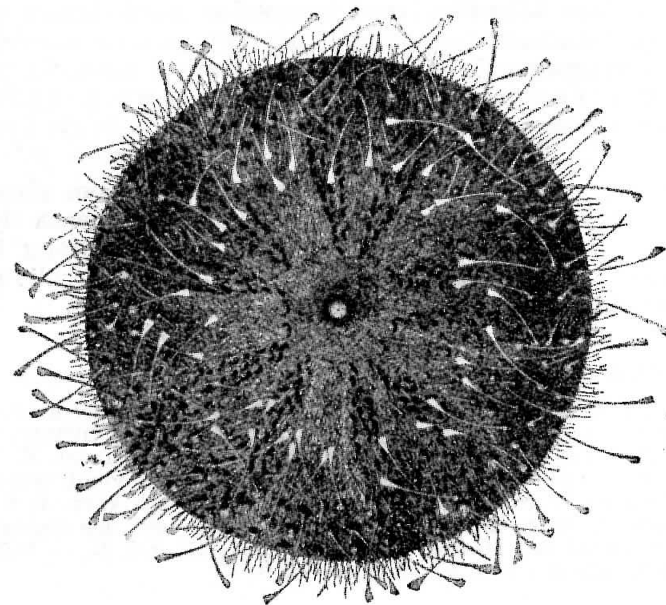
Tablica 19

Geogr. šir.	Zasićenost vapnencem u %	Procenat kokolitoforida u čitavom planktonu
55° S	120	5
30° S	300	45
0°	380	40

U visokom stepenu prezasićenosti tropskih voda vapnencem neki vide razlog opstanka koraljnih grebena, u kojima se očituje neviđena građevna moć vapnenačkih organizama. Kako je poznato, razvitak koraljnih grebena ograničen je na visoke temperature, koje ne smiju nikada pasti ispod 18° C, a kojih srednji godišnji iznos ne smije biti manji od 20.5° (V a u g h a m 1934). S porastom temperature pada topivost ugljične kiseline i vapnenca u morskoj vodi, a raste lakoća njegova obaranja. Zbog toga je moguće, da su koralji upućeni na tople vode više radi njihove prezasićenosti vapnencem, nego radi visoke temperature kao takove.

Pored planktonskih kokolitoforida i graditelja koraljnih grebena u toplim vodama tropa dolaze i druge vrste, koje se ističu izgradnjom jakih vapnenačkih tvorba. To su brojne vapnenačke alge sa svojim inkrustacijama, crvi serpulidi s jakim vapnenačkim cijevima,

puževi i školjke s velikim vapnenačkim kućicama i ljušturama, koje kod školjke *Tridacna gigas* mogu mjeriti do 250 kg težine (H e s s e) i t. d. Naprotiv rođaci spomenutih oblika u polarnim vodama često su bez ljuštura, ili imaju samo nježne hitinske kućice. Tako neki pteropodi hladnih voda ili uopće nemaju vapnenačkih ljušturica, kao neke vrste roda *Clione*, ili im je ljušturica vrlo tanka, kao kod pužića *Limacina helicina*. Među foraminiferama sjevernih hladnih voda često dolazi a r e n a c e j s k i tip, t. j. oblici, koji svoje ljušturice izgrađuju iz finog pijeska i drugih vapnenačkih čestica sli-



Sl. 75. — Meki ježinac *Sperosoma grimaldii* sa slabo razvijenom vapnenačkom čahurom. (Guide ill. Musée Océan. Monaco).

jepljujući ih zajedno vapnenačkim cementom. Analogne pojave susrećemo i u hladnim vodama velikih dubina. Tu ne dolaze oblici s jakim vapnenačkim tvorbama, kao na pr. crvi serpulidi, koji imaju jake vapnenačke cijevi. Vapnenačke spužve dolaze samo do dubina od 300—400 m, dok ih u većim dubinama zamjenjuju kremeni oblici, kao *Euplectella* i *Hyalonema*. I za dubinske foraminifere značajan je arenacejski tip i odsustvo kompaktne vapnenačke ljušturice. Općenito skeleti dubokomorskih životinja su tanki i lomni, tako na pr. kod ježinaca (sl. 75). I kod rakova su oklopi slabije pokrečeni i tanki,

tako kod orijaškog *Kaempfferia,* koji ne bi mogao podnijeti ni malo jače mlatanje vode. Čak i unutrašnje strukture, kao na pr. kosti dubokomorskih riba, slabo su pokrečene, a katkada uopće ne sadržavaju vapnenca. Odsustvo jačeg gibanja i udaranja vode omogućuje život u dubinama mnogobrojnim životinjama bez skeleta ili sa slabim skeletima, koje se u vodama jačeg gibanja ne bi nikako mogle održati.

Gornje činjenice upućuju na to, da je potrošnja vapnenca od strane morskih organizama u gornjim slojevima veća nego u donjima. I zaista, ekspedicija Meteora (1925—27) je našla u gornjem pokrovnom sloju Atlantika iznad termokline manje iznose vapnenca nego u slojevima ispod termokline, koja stoji na putu konvekcijskom strujanju i onemogućuje njegovo obnavljanje i naknadu iz donjih slojeva (Wattemberg). Konačna geologijska posljedica ovih biologijskih zbivanja je ta, da se vapnenci, koji s kraja dospijevaju u more, sve više gomilaju u vodama tropskih mora (Murray).

Iznos vapnenca u Baltiku pada uporedo s padom slanoće, i to od zapada prema istoku. Paralelno s padom vapnenca ljušturice foraminifera postaju sve laganije, dok potpuno ne nestanu. Slična se pojava zapaža i na kućicama mekušaca. U Finskom zalivu školjke imaju katkada kao papir tanke ljušture (Levander).

Literatura:

ATKINS W. R. G. (1922—24), The hydrogen ion concentration of sea water. Journ. Marin. Biolog. Assoc. XII, 4 and XIII, 1. — DUVAL M. (1925), Milieu intérieur des animaux aquatiques. Annal. instit. océanogr. II. — ERCEGOVIĆ A. (1936), Étude qualitative et quantitative du phytoplancton dans les eaux cotières de l'Adriatique oriental moyen. Acta adriatica, I. 9 Split. — HENTSCHEL E. (1932), Die biologischen Methoden und das biologische Beobachtungsmaterial der Meteor Expedition (1925—27), Bd. X. — PORTIER P. (1938), Physiologie des animaux marins. Paris.

Odnosi prema kisiku

Množina kisika u morskoj vodi i respiracijski pigmenti kod morskih životinja. Kao svi aerobionti i morske životinje troše kisik u izmjeni tvari, u kojoj se oslobađa energija potrebna za život. I pored niskih iznosa kisika u moru morske životinje u svojim potrebama disanja dobro prolaze. Često je ustanovljen bogat život i pri vrlo niskim napetostima kisika. Osobito fauna muljevitog i fino pjeskovitog dna, kakvo se nalazi u najvećem dijelu oceana, zadovoljava se s vrlo niskim tlakom kisika. Sposobnost morskih životinja da žive u vodama s vrlo malenim iznosima kisika temelji se na naročitim fiziologijskim osobinama njihovih respiracijskih boja (pigmenata).

Kod morskih životinja pored grupe hemoglobina, koja dolazi kod riba i ostalih kičmenjaka, nalazimo kod beskičmenjaka još dvije grupe pigmenata (Portier). U prvu idu oni, koji su srodni s hemoglobinima po tome, što u molekuli sadržavaju porfirin. To su eritrokruorini i hlorokruorini. Prvi su crveni i dolaze kod kružnousta *(Cyclostomata)*, nekih nemertina, nekih trpova, nekih ascidija i crva *Arenicola*. Drugi su zeleni i dolaze kod nekih polihetnih crva *(Sabella)*. U drugu grupu idu pigmenti, koji se razlikuju od hemoglobina time, što u molekuli ne sadržavaju porfirin. To su hemocianini i hemeritrini. Prvi su u oksidiranom stanju modri, u molekuli mjesto željeza sadržavaju bakar, a dolaze kod dekapodnih rakova, glavonožaca i velike većine puževa. Hemeritrini su ljubičaste boje i dolaze kod nekih crva (sipunkuloida). Pored spomenutih grupa kod roda *Ascidia* dolazi naročit pigment, koji sadržava vanadij, a boje je, prema stepenu oksidacije, zelene, modre ili narančaste.

Fiziologijske se osobine respiracijskih pigmenata odnose na njihovu oksiforičnu sposobnost, na t. zv. tlak tovarenja i tlak rastovarivanja kisika.

Oksiforična sposobnost je sposobnost određene množine krvi (na pr. 100 cm³), da veže veću ili manju množinu kisika. Da se krvni pigment može zasititi kisikom u nekoj vanjskoj sredini, potrebno je da u njoj vlada neki tlak ovog plina. Najmanji tlak kisika, pri kojemu se krvni pigment može njime zasititi, zove se tlak tovarenja. Krvni pigment u dodiru s tkivom predaje mu dio vezanog kisika. Takvo davanje moguće je sve dotle, dok tlak kisika u krvi padne do izvjesnih granica. Najmanji tlak kisika u krvi, pri kojemu je još moguće njegovo davanje tkivu, zove se tlak rastovarivanja.

Oksiforična sposobnost respiracijskih pigmenata kod morskih životinja općenito je malena i u odnosu je prema načinu života i množini kisika u okolnoj vodi.

Dok kod kičmenjaka iznosi oko 20 cm³ (na 100 cm³ krvi), kod slabo aktivnih riba morskog dna iznosi 7—8 cm³, a kod morskih beskičmenjaka obično još manje, tako kod hlapa 1.45, a kod sipunkulusa 1. Skombride, u vezi sa svojom velikom aktivnosti, imaju relativno visoku oksiforičku sposobnost, tako skuše 16 do 19.5 cm³.

I tlak je tovarenja respiracijskih pigmenata kod morskih životinja općenito malen. Iako tlak kisika u morskoj vodi odgovara, normalno, stupcu žive visokom 150 mm, dovoljan je za ribe tlak i od 40 mm, a za morske beskičmenjake još i manji (kod crva *Arenicola* 5 mm), da se krvni pigmenti natovare kisikom do 90—100% (Portier). Zbog niskog tlaka tovarenja morske životinje mogu iskorišćivati kisik i na mjestima, gdje je njegova napetost vrlo malena.

Konačno i tlak rastovarivanja je kod morskih životinja nizak. Kod morskih riba se kreće između 12 i 15 mm, a kod morskih je beskičmenjaka obično još manji, na pr. kod hlapa 4.7, kod crva *Arenicola* 1.7. Zbog niskog tlaka rastovarivanja moguća je oksidacija u tkivima morskih životinja i onda, kad je tlak kisika u njihovoj krvi vrlo nizak.

Različno vladanje morskih životinja uz razne množine kisika. Općenito govoreć, razni morski organizmi troše razne množine kisika. Osobito je velika potrošnja kod bakterija, gdje se penje do 110 cm³ kisika na svaki gram svježih bakterijskih tjelesa u satu vremena kod 22° C(110/gr/h/22° C). Kod protozoa *(Colpidium)* potrošnja iznosi oko 2 cm³, kod raka oko 0.181, kod anelida 0.017, kod ehinoderma 0.026, a kod meduza i ktenofora samo oko 0.005 cm³ (gr/h/17—20° C). Kod posljednjih je vrlo maleni potrošak u vezi s malim procentom organske materije u tijelu, koji iznosi na pr. kod roda *Aequorea* samo 0.80% tjelesne težine (Norris). Potrošnja kisika kod istih vrsta zavisi također i od okolnih uvjeta sredine. Životinjama toplijih voda treba zbog višeg stepena metabolizma, koji zavisi od viših temperatura, većih iznosa kisika nego životinjama hladnih voda. Isto tako pelagijskim oblicima, kao meduzama, planktonskim kopepodima, larvalnim oblicima riba i t. d., treba većih množina kisika nego bentoskim životinjama. Planktonski račić *Calanus finmarchicus* brzo ugine u vodi, u kojoj je iznos kisika pao ispod 1—2 cm³ (Marshall et al. 1935), dok bentoski oblici *Cardium edule, Nereis diversicolor i Arenicola* mogu ostati 5—10 dana u vodi bez ikakvog kisika, a pri tome ne pretrpe u tijelu bilo kakva oštećenja (Gessner 1940).

Različne potrebe kisika određuju dubinu ukapanja životinja u morskom dnu.

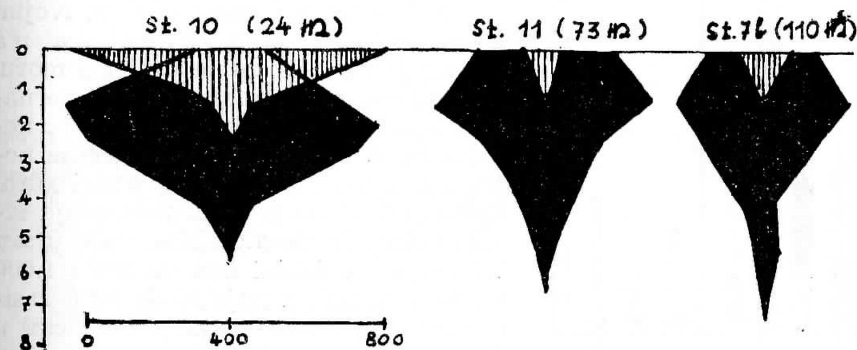
Morsko dno sadržava veće ili manje množine organske tvari, u kojoj aerobne bakterije vrše intenzivnu djelatnost rastvaranja i jako smanjuju zalihu kisika. Radi toga okolna voda sadržava to manje kisika, što se nalazi dublje ispod površine dna. Koliko su čestice dna finije, toliko je intersticijarna voda kisikom siromašnija i oksidacijski sloj (sloj vode s kisikom) tanji. U Baltiku je debljina oksidacijskog sloja u pješčanom dnu iznosila preko 6 cm, u pješčanom mulju 1.5 cm, a u muljevitom dnu samo nekoliko milimetara (Gessner 1940). Muljevito dno s mnogo organskih ostataka ne sadržava ni odmah ispod površine nimalo kisika, nego mjesto njega veću ili manju množinu sumporovodika (H_2S), koji onemogućuje život aerobnih bića.

Endobiotske životinje su ograničene zbog oskudice kisika samo na najgornji, vrlo tanki, sloj morskog dna. Taj je sloj kod muljevitog dna samo nekoliko centimetara debeo, pa je takvo dno u dubini većoj od 10 cm praktički bez organizama.

Kako naselje endobiotskih životinja u morskom dnu naglo pada i prestaje već nekoliko cm ispod površine dna, pokazuju istraživanja Moora (1931) na Irskoj obali, prema kojima su endobioze ograničene na najgornji, oko 7 cm debeli sloj morskog dna (sl. 76). Izuzetno neke životinje zalaze i znatno dublje, tako crv *Arenicola* i školjka *Mya arenaria* i do 20 cm.

U svom ukopavanju životinje, kojima treba manjih množina kisika, zalaze dublje, a one, kojima treba većih iznosa, ostaju bliže površini. U prvu grupu idu na pr. crvi nematodi, a u drugu harpaktikoidni kopepodi.

Moore je i eksperimentalno dokazao, da nematodi mogu ostati znatno duže vremena bez kisika nego harpaktikoidni kopepodi. Dok je 25% od svih nematoda, s kojima je pravio pokuse, živjelo preko 9 dana bez kisika, a 10% preko 14 dana, dotle je 75% kopepoda uginulo već nakon 7 sati, a 90% nakon 14 sati bez kisika.



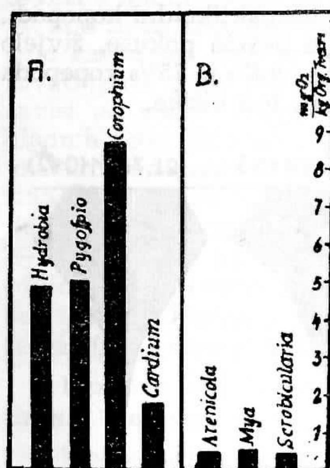
Sl. 76. — Podjela mikrofaune u raznim dubinama muljevita dna na trima stanicama. Broj nematoda (crno) i kopepoda (iscrtano) na 100 cm² plohe po 1 cm debelog sloja u raznim dubinama mulja. Vertikalna crta označuje razne dubine (u cm) mulja, a horizontalno mjerilo broj jedinki (Moore).

Prema tome postoje pravilni odnosi između vertikalne podjele životinja u morskom dnu i njihova intenziteta disanja. Životinje, koje pokazuju veći intenzitet disanja, ostaju pri samoj površini morskog dna, dok one, kod kojih je intenzitet manji, zalaze u dublje.

Prema pokusima Thamdrupa (1935) oblici, koji žive bliže površine, kao pužić *Hydrobia,* crv *Pygospio* i račić *Corophium,* pokazuju približno deseterostruk potrošak kisika prema onima, koji dolaze u većoj dubini, kao *Arenicola* pa školjke *Mya* i *Scrobicularia* (sl. 77).

Utjecaj morskih organizama na sadržaj kisika u moru. Živa bića djeluju svojim životnim procesima sad na povećanje, a sad na smanjivanje zalihe kisika u moru. Sve autotrofne biljke asimilacijom ugljičnog dioksida povećava-

j u tu zalihu. Naročito u proljeće, kad nastanu povoljnije prilike svijetla i temperature, proljetno je bujanje fitoplanktona često uzrok visokoj prezasićenosti kisika u morskoj vodi. Povećanje zalihe kisika zbog fotosintetskih procesa alga vrši se osobito u najgornjem sloju, koji seže, u srednjim geografijskim širinama, nekako do pedesetak m dubine. U ovom se sloju zbog povoljnih prilika svijetla za fotosintezu proizvodi više kisika nego ga u istome sloju troše oksidativni procesi organizama, a to je već i po sebi razumljivo, uzme li se u račun, da životinjski svijet mora živi od organske tvari, koja se izgrađuje biljnom asimilacijom veoma pretežno u ovom najgornjem sloju.



Sl. 77. — Potrošak kisika nekih stanovnika morskog dna u odnosu prema dubini stanovanja. A, površinski, B, dubinski oblici. Životinje, koje žive odmah ispod morskog dna, troše otprilike deset puta veći iznos kisika nego životinje iz dubljih slojeva dna. (T h a m d r u p).

Svi organizmi mora djeluju svojim o k s i d a t i v n i m p r o c e s i m a n a s m a n j i v a n j e zalihe kisika u moru. Jak utjecaj ovih procesa očituje se naročito u dubljim slojevima, i to već nekako ispod pedeset m dubine, gdje potrošnja obično nadmašuje proizvodnju kisika. Očevidan primjer nestajanja kisika pokazuju ekvatorijalne vode u sva tri oceana u dubini između 200 i 1.000 m. One pokazuju najviše do 30% zasićenosti, t. j. katkada manje od 1 cm^3 u litri vode, dok u istim dubinama viših širina vode ne pokazuju nigdje manje od 55% zasićenosti. To veliko siromaštvo kisika subekvatorijalnih voda ima se smatrati s jedne strane posljedicom intenzivnog metabolizma radi visokih temperatura u tim vodama, a s druge odsutnosti vertikalnog strujanja i obnavljanja kisika iz gornjih slojeva zbog termičkog slojanja vode (W a t t e m b e r g 1929).

L i t e r a t u r a :

MARSHALL S. M., NICHOLS A. and ORR A. P. (1935), On the Biology of Calanus finmarchicus. Journ. Marin. biolog. assoc. XX. — MOORE H. B. (1930), The muds of the Clyde sea area. Journ. Marin. Biolog. Assoc. XVI. — PORTIER P. (1938), Physiologie des animaux marins, Paris. — THAMDRUP H. M. (1935), Beiträge zur Ökologie der Wattenfauna auf experimenteller Grundlage. Medd. Dan. Fisk. og Havsunder. Ser. Fiskeri, Bd X. — WATTEMBERG H. (1929), Durchlüftung des Atlantischen Ozeans. Journ. du Conseil IV.

Ž i v o t u m o r u i t e m p e r a t u r a

Temperatura je faktor od prvobitne i osnovne važnosti po život u moru, jer ona utječe ne samo direktno na fiziologijska stanja i životne procese organizama, kao što su naročito tjelesna temperatura te brzina metabolizma i reprodukcijskog ciklusa, nego također djeluje i indirektno utječući u velikoj mjeri na razne fizičke i kemijske faktore morske sredine, koji su vanredno važni za život, a među koje ide otapanje i množina kisika, ugljičnog dioksida i vapnenca te gustoća i viskoznost morske vode.

T e m p e r a t u r a m o r s k e v o d e i u n u t r a š n j a s r e d i n a m o r s k i h o r g a n i z a m a. Unutrašnja sredina morskih organizama općenito prati temperaturu vanjske sredine. Stoga morske biljke i životinje, osim sisavaca, imaju približno istu toplinu, koju i okolna voda, i one su p o i k i l o t e r m n i organizmi. Samo kod nekih životinjskih vrsta tjelesna temperatura može biti malo viša od temperature okolne vode. Tako morski psi imaju temperaturu za 0.3 do 0.5°C višu od temperature vanjske sredine. Jedino je grupa tunja u tom pogledu izuzetak, jer kod njih tjelesna toplina može biti i za 5°—10°C viša od one okolne vode. Maksimum se topline nalazi posred snažnog leđnog mišićja, a javlja se naročito u vrijeme intenzivnog kretanja ribe.

Iako se morske biljke i životinje općenito povode za temperaturnim tokom svoje sredine, ipak se razne vrste prema raznim temperaturnim iznosima i kolebanjima različno vladaju. Razni morski organizmi su upućeni na r a z l i č n o v i s o k e t e m p e r a t u r e. Tipski primjer raznih temperaturnih potreba pružaju dvije srodne dijatomeje: *Biddulphia aurita* i *B. sinensis*. *Biddulphia aurita* ima svoj optimum rastenja pri niskoj temperaturi, dok *B. sinensis* pri višoj (oko 16° C, S c h r e i b e r 1927). To različito vladanje prema temperaturi objašnjuje pojavu, po kojoj *B. aurita* dolazi u Sjevernom moru zimi, dok *B. sinensis* dolazi u ljetu.

Pada u oči činjenica, da je najveći broj vrsta upućen na više ili visoke temperature. Radi toga je biljni i životinjski svijet tropskih voda mnogo raznoličniji, t. j. oblicima bogatiji nego svijet arktičkih, antarktičkih i abisalnih voda.

Razni morski organizmi p o d n o s e r a z l i č i t s t e p e n t e m p e r a t u r n o g k o l e b a n j a. U tom pogledu razlikujemo dvije vrste poikilotermnih organizama mora. Neki od njih se upravljaju prema velikim temperaturnim kolebanjima vanjske i unutrašnje sredine bez štete za život ili životne radnje. To su e u r i t e r m n i organizmi. Ovakovih je oblika u moru relativno manje. Oni dolaze napose u litoralnom području umjerenog pojasa, osobito u zoni morskih doba, gdje su temperaturna kolebanja u godini vrlo znatna.

Istaknuti su oblici euritermne flore na pr. rodovi *Ulva, Enteromorpha* i *Corallina*, a od životinja rodovi *Ostrea, Mytilus, Balanus, Chtamalus* i mnogi drugi.

Neka se poikilotermna morska bića samo pasivno povode za znatnijim temperaturnim kolebanjima sredine i pri tom trpe povrede u tjelesnoj građi ili radnjama. Ti su organizmi upućeni na približno stalne temperature u određenim granicama. Nazivamo ih stenotermnim oblicima. Oni dolaze ili samo na području malenih temperaturnih kolebanja, tako u polarnim, ekvatorijalnim ili abisalnim vodama, ili koliko dolaze na mjestima znatnijih godišnjih kolebanja, tu se javljaju periodično, u stalno godišnje doba, kad zavladaju za njih povoljne temperature.

Alge *Bangia atropurpurea* i *Acetabularia mediterranea* dolaze u litoralnoj zoni Jadrana i obje su stenotermni oblici. No dok se prva javlja u vrijeme nižih temperatura, za zime i proljeća, druga se javlja isključivo u ljetu, u doba najjačeg ugrijavanja vode.

Ima euritermnih organizama, koji su u propagativnom pogledu stenotermi, t. j. kod njih je samo umnožavanje ograničeno na izvjesne stalne temperature i ne podnosi znatnijih kolebanja. Ovakovih organizama ima u moru vrlo mnogo, i oni proizvode svoje spolne stanice pri stalnim, usko ograničenim, temperaturama (str. 280).

U granicama (amplitudi) termičkog kolebanja, koje organizam podnosi, t. j. njegove termičke valence (Hesse), razlikujemo tri osnovne ili kardinalne točke: minimum, maksimum i optimum. Minimum je najniža, a maksimum najviša temperatura, kod koje se još organizam održava na životu. Kod optimuma se on najbujnije razvija. Te tri osnovne temperature mogu biti različne ne samo za pojedine vrste, nego također i za pojedine razvojne stadije iste vrste, pa katkada i za različne životne funkcije kod istog organizma. One katkada zavise i o termičkim prilikama, u kojima je organizam prije živio. Za razlikovanje raznih ekologijskih tipova je naročito važno poznavanje optimuma. U tom pogledu razlikujemo s Vouk-om (1936) tri euritermna i tri stenotermna tipa ili valence. Euritermni su: mikroeuritermni, makroeuritermni i mezoeuritermni prema tome da li je njihov temperaturni optimum pomaknut bliže minimumu ili maksimumu, ili se nalazi po srijedi između njih. Analogno stenotermni su: mikrostenotermni, makrostenotermni ili mezostenotermni prema tome, da li su vezani uz niske, visoke ili srednje temperature. Analogno razlikovanje šest ekologijskih tipova ili valenca moguće je i s obzirom na druge ekologijske faktore, kao slanoću, svijetlo, ionsku reakciju i t. d. Obilježavanje morskih biljaka i životinja

prema njihovim ekologijskim valencama je općenito još nemoguće zbog nedovoljnog poznavanja njihovih kardinalnih točaka života, a naročito optimuma.

Različito je vladanje morskih bića prema raznim temperaturama i stepenu njihova kolebanja jedan od glavnih uzroka njihove vertikalne i horizontalne podjele u moru. Ono je također glavni faktor periodičnog pojavljivanja vrsta u godini.

Temperatura morske vode i životni procesi morskih organizama. Temperatura vrši jak utjecaj na razne životne procese živih bića, jer djeluje na brzinu njihovih biokemijskih reakcija. Prema brojnim pokusima i kod biokemijskih reakcija živih bića očituje se pravilnost vant' Hoffova pravila u temperaturnim granicama optimuma i minimuma, dakle u temperaturama, na koje je odnosno biće priviknuto. Ta se pravilnost očituje kod raznih životnih procesa, kao što su cilijarna gibanja, enzimska djelovanja, kucanja srca, respiracijska gibanja i t. d. No naročito brzina bazalnog metabolizma, t. j. brzina uzimanja kisika prijeko potrebnog za održavanje života, kod poikilotermnih morskih životinja raste kod svakog temperaturnog porasta od 1° C za 10%, a to znači, da se temperaturnim porastom od 10° brzina metabolizma barem podvostručuje, kako se vidi iz tablice 20 po Vernonu (Harvey 1928).

Tablica 20

Brzina apsorpcije kisika kod	T° C							
	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°
beroe ovata	0.40	0.58	0 78	1.00	1.23	1 47	1.75	2 04
Branchiostoma	0 58	0.72	0 86	1 00	1.14	1 28	1.42	1.56

Intenzivnije disanje, kojemu su uvjet više temperature, ima za posljedicu veću dnevnu potrošnju hrane. Stoga životinjama toplih voda treba za održavanje metabolizma veća množina hrane nego jednakoj masi životinja hladnih voda. Posljedica je toga, da će jednaka množina biljne hrane podržavati u hladnim vodama veću masu životinjskog života nego u toplim vodama. Ovo bar djelomično objašnjuje veću masu životinjskog svijeta u hladnijim širinama oceana.

Temperatura sredine djeluje na plodnost morskih životinja i na veličinu njihovih jaja. Niže temperature umanjuju plodnost (množinu jaja), no kao za naknadu djeluju na povećanje hranjive tvari (žumanca) u jajima. Veća masa hranjive tvari ima za posljedicu duže trajanje embrionalnog razvitka larva, pa zbog toga one ostavljaju jaja u naprednijim stadijima, koji su često roditeljima posve slični, i tako plivajući larvalni stadiji često

sasvim izostaju. Budući da je ovoj pojavi uvjet niža temperatura, javlja se ona relativno mnogo češće u hladnim polarnim i dubinskim vodama nego u toplim vodama tropa. Ona objašnjuje činjenicu, da račić *Artemia salina* u Cagliariju ljeti polaže jaja, a zimi daje žive mlade (H e s s e). Djelovanje nižih temperatura na smanjenje plodnosti, na povećanje jaja i produženje embrionalnog razvitka objašnjuje pojave, da su polarni i bentoski plankton mnogo siromašniji plivajućim larvama nego plankton toplih voda i da u hladnim vodama potomstvo ostaje mnogo češće u neposrednoj blizini roditelja, što dovodi do velikog gomilanja jedinki pojedinih vrsta na malim prostorima, kako je to često u arktičkim vodama.

Temperatura utječe na d o z r i j e v a n j e s p o l n i h s t a n i c a. Više temperature pospješuju njihovo dozrijevanje, a time i obnavljanje novih generacija. Tako one pomažu pojavljivanje novih mutacija, a prema tome i pojavljivanje novih oblika (vrsta i rodova). Ova činjenica već sama po sebi može da objasni pojavu neobično velikog bogatstva biljnih i životinjskih oblika u tropskim morima. S druge strane niže temperature usporuju spolno dozrijevanje i rađanje novih generacija. Iste vrste postaju kasnije spolno zrele u hladnim vodama, nego u toplim. Tako haringe iz južnih voda Norveške postaju dvije godine prije spolno zrele nego haringe u sjevernim vodama (O. S t o r c h). Jedinke hladnih voda mogu višak svoje hrane, koji ne izdaju i ne troše za izgradnju potomstva, upotrebljavati za građu svoga tijela i tako porasti do veličina, do kojih ne mogu narasti jedinke toplih voda, koje počinju ranije trošiti dio svoje hrane za izgradnju potomstva. I tako usporavanje spolnog dozrijevanja, koje zavisi od nižih temperatura, može da objasni poznatu i relativno čestu pojavu, da iste vrste pokazuju veće jedinke u hladnim nego u toplim vodama (pojave g i g a n t i z m a). — Jadranski hidroidi iz hladnijih dubljih voda kazuju obično veće razmjere nego hidroidi iz plićih i toplijih na istom položaju (B r o c h).

Sagitta bipunctata u srednjem je Atlantiku spolno zrela već pri 5 mm dužine i postane konačno do 12 mm duga, dok jedinke iz arktičkih voda polažu jaja istom pri 30 mm dužine i narastu konačno i 44 mm u dužinu. — Infuzori, uzgajani pri nižim temperaturama, počinju se kasnije dijeliti i postaju veći nego oni, koji se uzgajaju pri višim temperaturama (H e s s e 1924).

Temperatura p o s p j e š u j e r a z v i t a k j a j a i l a r v a l n i h s t a d i j a morskih životinja. Prema pokusima istraživača (H e s s e) brzina embrionalnog razvitka kod lista i bakalara linearna je funkcija temperature tako, da od njezina porasta za 1°C zavisi porast brzine razvitka za približno 10%. Tek kod previsokih ili preniskih temperatura, koje su za razvitak jaja nepovoljne, ova se pravilnost ne očituje potpuno (tablice 21 i 22).

Tablica 21

Temperatura	4.1	6.1	8.0	10.1	12.0
Dana	23.0	18.1	13.3	10.3	8.3

Tablica 21 prikazuje vrijeme potrebno, da larve nakon oplodnje izađu iz jajeta i postignu dužinu od 4.6 mm pri raznim temperaturama (H a r v e y).

Tablica 22

Temperatura	—1	3	4	5	6	8	10	12	14
Dana	42	23	20.5	17.5	15.5	12.75	10.5	9.7	8.5

Tablica 22 prikazuje vrijeme potrebno za embrionalni razvitak bakalara *(Gadus morrhua)* pri raznim temperaturama (H e s s e).

Temperatura u t j e č e n a r a s n a o b i l j e ž j a morskih organizama. Tako kod riba hladnih voda susrećemo povećanje broja pršljenova. Ovaj utjecaj se pripisuje naročito temperaturi, premda se nije mogla sigurno ustanoviti nikakva uzročna veza.

Naročito u posljednje vrijeme izneseni su u naučnoj literaturi brojni podaci, prema kojima bi promjene okolnih uvjeta, u prvom redu temperature, utjecale barem od česti na kolebanje broja pršljenova kod riba. Tako opažanja nekolicine istraživača, a naročito T e s t e r-a (1938), pokazuju, da srednji broj pršljenova sukcesivnih godišnjih klasa haringe *(Clupea pallasii)* varira obrnuto s temperaturom (niže temperature, veći broj pršljenova) vode u periodi mriješćenja i ranog razvitka, t. j. u vremenu između oplodnje jaja i osifikacije kičme.

L i t e r a t u r a :

BROCH HJ. (1933), Zur Kenntnis der adriatischen Hydroidenfauna von Split, Oslo. — HARVEY H. W. (1928), Biological Chemistry and Physics of sea water. Cambridge. — HESSE R. (1924), Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Jena. — SCHREIBER E. (1927), Die Reinkultur von marinen Phytoplankton und deren Bedeutung für die Erforschung der Produktionsfähigkeit des Meerwassers. Wissenschaftl. Meeresuntersuchung. Helgoland XVI, 10. — TESTER A. L. (1938), Variation in the mean vertebrae count of Herring (Clupea pallasii) with water temperature. Journ. du Cons. XIII. — VOUK V. (1939), Über die Kardinalpunkte des Lebens. Bull. intern. Académ. yougosl., scienc. mathém. et naturel. 1. XXXII, Zagreb.

Ž i v o t u m o r u p r e m a s v i j e t l u

Naročite prilike svijetla u moru utječu na razne načine na život morskih organizama.

S v i j e t l o i f o t o s i n t e z a. Pored činjenice, da je prisustvo svijetla u morskoj vodi neophodan preduvjet za fotosintezu,

osobite prilike osvjetljenja u moru, kojima je uvjet selektivna apsorpcija, utječu na asimilaciju ugljičnog dioksida kod morskog bilja time, što utječu na tvorbu asimilacijskih boja i na fizičku i fiziologijsku komponentu fotosinteze.

Naročite prilike svjetla u moru utječu na tvorbu asimilacijskih boja. Iako su apsolutne množine i kvantitativni odnosi asimilacijskih boja kod morskih alga zavisni u prvome redu od genetske komponente (Seybold et Egle 1937, 1938), ipak pored energetskih, temperaturnih i vremenskih faktora (Seybold et Egle), utječu na njih i prilike svijetla. Već su Gaidukov (1902) i Boresch (1921) pokazali, da se kvantitativni odnosi fikocijana i fikoeritrina kod nekih modrozelenih alga u kulturi mijenjaju upotrebom različnog svijetla. Alge, uzgajane u crvenom ili u crvenonarančastom svijetlu, razvijale su pretežno fikocijan i bile su modrozelene, a one, koje su bile uzgajane u žutozelenom ili zelenom svijetlu, razvijale su pretežno fikoeritrin i bile su crvene odnosno ljubičaste. U oba slučaja razvijale su se naročito one boje, koje su mogle najbolje upijati okolne zrake, dakle komplementarne. Ova pojava prilagođivanja asimilacijskih boja na komplementarno svijetlo vanjske sredine, nazvana komplementarna hromatička adaptacija, može objasniti činjenicu, da su crvene cijanonoficeje naročito često rasprostranjene u modrozelenom svijetlu dubljih slojeva (Sauvageau 1908) i u talusima zelene alge *Codium bursa* (Vouk). Svijetlo djeluje i na tvorbu fikoeritrina kod crvenih alga. Ako se neke od njih uzgajaju u oslabljenom svijetlu, kakvo je u dubljim slojevima, proizvode relativno više fikoeritrina i crvenije su od onih, koje se uzgajaju u jačem svijetlu (Oltmanns 1892, kod nas na pr. *Laurencia obtusa,* Vouk). Svijetlo također utječe i na tvorbu specifičnih boja smeđih ili mrkih alga. *Fucus vesiculosus* i *F. serratus,* uzgajane u dubini od 8—9 m pri modrozelenom svijetlu, pokazuju relativni porast karotinoidne, dakle komplementarne komponente (karotin, ksantofil, fukoksantin). Napokon svijetlo utječe na tvorbu asimilacijskih boja i kod zelenih alga. Kvantitativni odnos hlorofila *a* prema hlorofilu *b* (*a* : *b*) raste od emerznog vodenog bilja (4.4) preko submerznih fanerogama (2.3) do zelenih morskih alga (1.4) u korist hlorofila *b*. Budući da je podvodno svijetlo bogatije zrakama, koje upija komponenta *b* nego onima, koje upija komponenta *a,* spomenuto opadanje koeficijenta *a* : *b* u korist hlorofila *b* ima se tumačiti kao hromatička adaptacija boje na posebne prilike podvodnog svijetla.

Prema svemu navedenom, naročite prilike svijetla u moru općenito povoljno utječu na tvorbu svih glavnih asimilacijskih boja, pa se tako u moru javlja komplementarna hromatička adaptacija boja i talusa na posebne prilike okolnog svijetla.

Svijetlo u moru utječe i na fizičku komponentu fotosinteze. Pod njom mislimo cjelokupnu energiju svijetla, koju vežu asimilacijske boje.

Sva apsorbirana energija ne mora biti upotrebljena za asimilaciju. Međutim neki iznos ove energije je prijeko potreban za fotosintezu. Taj iznos je različit za različne alge. No on zavisi i od vanjskih uvjeta. Za optimum asimilacije on zavisi, kod inače jednakih drugih uvjeta, u prvom redu od temperature. Pri višim temperaturama za postizavanje maksimuma asimilacije potreban je veći iznos energije svijetla, dok je pri nižim temperaturama za to potrebna manja energija. S toga razloga u vrijeme visokih ljetnih temperatura oblici jakog svijetla, kao *Enteromorpha* i druge površinske vrste, pokazuju znatan višak asimilacije pred oblicima slabog svijetla ili sjene, kao što su na primjer *Delesseria* i druge alge iz dubine. Naprotiv u vrijeme niskih zimskih temperatura razlika u jakosti asimilacije kod jednih i drugih oblika pokazuje se znatno manja.

Time, što naročite prilike svijetla u moru pozitivno djeluju na tvorbu asimilacijskih boja u smislu komplementarne hromatičke adaptacije, utječu one na povećanje fizičke komponente fotosinteze i na maksimalno upijanje svijetla. Tako dolazi do fizičke adaptacije boja i talusa morskih alga na posebne prilike svijetla, koja stvara optimalne fizičke preduvjete za sam proces fotosinteze.

Naročite prilike svijetla u moru utječu i na fiziologijsku komponentu fotosinteze, t. j. na sposobnost žive plazme (strome), da apsorbiranu energiju iskoristi u većoj ili manjoj mjeri za asimilaciju. Ova je sposobnost po sebi sasvim različita od tvorbe asimilacijskih boja i od apsorpcije svijetla. Crvene alge iz dubine intenzivnije asimiliraju u podvodnom modrozelenom svijetlu nego crvene alge s površine s jednakim stepenom apsorpcije svijetla. Obrnuto, površinske bolje asimiliraju na površini od dubinskih. I smeđe alge, kao *Laminaria digitata,* otprije navikle na slabije svijetlo dubine, bolje asimiliraju u podvodnom modrozelenom svijetlu nego alge s površine s jednakim upijanjem svijetla, kao na pr. *Fucus serratus,* koji je otprije privikao na jače površinsko svijetlo. Kod morskih alga postoji i funkcionalna adaptacija ili prilagođenost posebnim prilikama svijetla, i od nje zavisi stepen fiziologijske komponente, t. j. jakost asimilacije. Ta funkcionalna adaptacija je neki faktor, koji je lokalizovan u plazmi, ali njena nam narav nije poznata (Rodio 1936).

Svijetlo i dubinska podjela bentoskih alga. Raznim algama treba razna jakost svijetla i radi raznih optimuma osvjetljenja, koji im odgovaraju, dolaze one u raznim dubinama (Berthold). Zbog toga je svijetlo, u vezi sa specifičnim fiziologijskim potrebama pojedinih vrsta, najviše odgovorno za njihovu dubinsku podjelu u moru. Utjecaj svijetla izrazitije se očituje u podjeli viših bentoskih alga. Zelene i smeđe se, općenito, pokazuju kao biljke

svijetla i dolaze pretežno u bolje osvijetljenim površinskim vodama, dok se crvene pokazuju većinom kao biljke sjene i dolaze pretežno ispod površine. Odavna se raspravlja pitanje odgovornosti za takvu dubinsku podjelu alga: jakost (intezitet) ili boja (kvalitet) svijetla. Engelmann i njegova škola smatraju odgovornom za takvu dubinsku podjelu alga boju ili kvalitet svijetla, a svoje mišljenje temelje najviše na činjenici, da crvene alge najbolje uspijevaju u komplementarnom modrozelenom svijetlu dubljih slojeva. Naprotiv je Oltmanns, oslanjajući se napose na podatke i tumačenja Berthold a (1882) o podjeli alga u Napuljskom zalivu, zastupao mišljenje, da su različite jakosti svijetla jedine odgovorne za dubinsku podjelu alga i da su crvene alge samo biljke sloboga svijetla odnosno sjene, te stoga dolaze, bez obzira na kvalitet, svagdje, gdje je svijetlo oslabljeno: u dubini ili među kamenjem na površini.

Od Engelmanna (1883) i Oltmannsa (1892) prošao je duži niz godina, a da nijedna od dviju hipoteza nije mogla donijeti dokaza protiv druge. Nauka o hromatičnoj adaptaciji, koja promatra samo fizičku stranu fotosinteze, nije bila kadra, da sama na način, koji zadovoljava, protumači vertikalnu podjelu alga. Tek u posljednjem deceniju, kad su istraživači uzeli u razmatranje i fiziologijsku komponentu fotosinteze i u vezi s njome funkcionalno adaptiranje alga, uneseno je više svijetla u sav problem, i on se približio rješenju, koje pomiruje odnosno potvrđuje obje teze.

Funkcionalna adaptacija alga može se odnositi kako na kvalitet, tako na jakost svijetla. Crvene alge iz slabo obojenog svijetla (dubine), koje bolje asimiliraju u modrozelenom svijetlu dubine od smeđih i zelenih, priviklih na slabo, no bezbojno svijetlo površine, funkcionalno su prilagođene kvalitetu svijetla. Naprotiv, zelene alge, koje su navikle također na slabo, no bezbojno svijetlo i u slabom modrozelenom svijetlu dubine bolje asimiliraju od crvenih alga iz jakog bezbojnog svijetla, funkcionalno su prilagođene jakosti svijetla. Prema tome sad boja, a sad jakost svijetla postavljaju razne vrste alga u povoljnije prilike za asimilaciju, te stoga i jakost i boja svijetla mogu biti odgovorne za vertikalnu podjelu alga, prema tome, kakva je njihova funkcionalna adaptacija odnosno fiziologijska sposobnost plazme.

Svijetlo i produktivna zona. Fotosintetska proizvodnja organske tvari u moru, na koju je neposredno ili posredno upućen gotovo sav život u moru, ograničena je na najgornje slojeve, u koje još dopire dovoljno svijetla za fotosintezu. Ovi osvijetljeni slojevi čine produktivnu zonu mora.

S obzirom na produktivnost raznih slojeva stariji su istraživači razlikovali u moru eufotičku, disfotičku i afotičku stepenicu. Eufotička je ona, u kojoj bujno raste biljni plankton, a proteže se

od površine do 30 (Lo Bianco) ili do 80 (Chun) metara dubine. Disfotička je stepenica ona, u kojoj uspijeva još samo manji broj planktonskih alga (oblici sjene, kao: *Coscinodiscus, Asteromphalus, Planctoniella)*, a seže od 30—80 do 200 (Chun) ili 500 (Lo Bianco) m dubine. Afotička stepenica ne sadržava planktonskih alga, a seže osjekom od 200 (500) m na niže.

Donja je granica produktivne zone određena kompenzacijskom tačkom (dubinom), t. j. onom jakošću svijetla odnosno dubinom, pri kojoj dnevni iznos asimilacije odgovara iznosu disimilacije ili potrošnje, i oba procesa: asimilacija i disimilacija stoje u ravnoteži kao jedan prema jedan.

Kompenzacijsku tačku određujemo mjerenjem asimilacije i disimilacije. Po dvije staklene boce, koje sadržavaju iste alge ili fitoplankton — jedna potpuno zastrta crnim platnom, a druga nezastrta — izlažu se nepropusno zatvorene za 24 sata u raznim dubinama. U zastrtim bocama se vrše samo procesi disimilacije (disanje), a u nezastrtoj također i procesi asimilacije. I jedni i drugi teku prema shemi: $6\,CO_2 + 6\,H_2O \rightleftarrows C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$, t. j. proces asimilacije teče slijeva nadesno, a proces disimilacije zdesna nalijevo. Ako po svršetku pokusa nezastrta boca pokazuje višak kisika, asimilacija je veća od disimilacije, znak, da je boca bila u produktivnoj zoni. Ako pokazuje nestašicu kisika, disimilacija je bila veća, i boca je bila ispod produktivne zone. Pokazuje li isti iznos kisika kao i na početku pokusa, bila je upravo na granici produktivne zone, t. j. na kompenzacijskoj tački. Stupac vode od nje do površine naznačuje visinu produktivne zone u vrijeme mjerenja na tom mjestu.

Ovako dobivena dubina predstavlja donju granicu produktivne zone, samo ako se sav iznos disimilacije, koji smo uzeli u račun, odnosi isključivo na asimilirajuće autotrofne biljke, drugim riječima, ako su pokusne kulture sadržavale samo autotrofne biljke bez bakterija i životinja. Ukoliko su kulture miješane, t. j. sadržavaju uz biljke i heterotrofna bića, kompenzacijska tačka je bliže površini, i to tim više, što je masa heterotrofnih bića veća. Ovako dobivena dubina ne označuje najnižu granicu proizvodnje organske tvari ni minimum svijetla, pri kojemu je još asimilacija moguća, nego samo među, na kojoj proizvodnja autotrofnog bilja odgovara stvarnoj potrošnji svih prisutnih organizama.

Položaj kompenzacijske tačke i visina produktivne zone zavise za istu algu od istih faktora, od kojih zavisi i jakost svijetla. Ti su faktori: geografijska širina, godišnje i danje doba i prozirnost morske vode. Utjecaj geografijske širine je očit već iz poznate činjenice, da vertikalna podjela alga seže u manjim geografijskim širinama na niže nego u većim. Utjecaj godišnjeg doba očituje se u pojavi, da se kompenzacijska tačka u godini pomiče od površine zimi, do znatne dubine u ljetu (Marshall i Orr). Isto tako dubina kompenzacijske točke varira s jakošću svijetla preko dana. Utjecaj se prozirnosti očituje u činjenici da kompenzacijska tačka koleba, prema množini suspenzije, između malo i preko 140 m.

Na mjestima jake suspenzije u luci Woods Hole kompenzacijska je tačka bila već kod 7 m dubine, dok je *Nitzschia closterium* u Sargaskom moru pokazivala višak proizvodnje i u dubini od 140 m (Clarke).

Budući da razne alge imaju razne potrebe svijetla, imaju i različne dubine kompenzacijskih tačaka. Katkada razni oblici iste vrste imaju različite kompenzacijske tačke. Zeleni oblici hondrusa *(Chondrus crispus)* imaju kompenzacijsku tačku u manjoj dubini nego crveni oblici (E h r k e).

Dubina kompenzacijskih tačaka stoji neposredno u upravnom odnosu s dubinskom rasprostranjenošću alga. Podaci o n a j v e ć e m d u b i n s k o m d o p i r a n j u planktonskih alga ne mogu uvijek poslužiti kao pouzdano mjerilo. One su nađene i u dubini od 1.000 m, ali to ne znači, da i njihova asimilacijska djelatnost seže tako duboko. Dijatomejske stanice nakon perioda brzog dijeljenja padaju prema dnu i mogu se naći u kojoj mu drago intermedijarnoj dubini. Katkad se javljaju »maksimumi« dijatomeja u nekoj dubini zbog toga, što su one pri svom tonjenju dospjele na granicu gušćeg vodenog sloja i tu se zadržale. Prisustvo fitoplanktona u nekoj dubini ne može se uzeti u svakom slučaju kao pouzdan znak, da je on tu i asimilacijski aktivan i da dotle seže produktivna zona. Budući da ne raspolažemo nikakvim pokusnim podacima, koji bi nam pokazali najveću dubinu proizvodnje i umnožavanja fitoplanktona, može nam u tom pogledu za poredbu poslužiti dubinsko dopiranje bentoskih alga. Donja njihova granica se nalazi u sjeveroevropskim vodama između 20 (Baltik) i 50 (Island) metara, a u Mediteranu između 130 i 160 m. U tropskim morima, na pr. u Sargaskom, zbog veće prozirnosti dopiru i alge u veću dubinu. Prema svemu tome donja granica aktivnog fitoplanktona imala bi biti u slabije osvijetljenim morima između 40 i 60 m, u tropskim i suptropskim između 150 i 200 m, a možda još i nešto dublje. I tako je sloj morske vode, u kojemu se izgrađuje organska tvar, neuporedivo deblji od vrlo tankog sloja zemlje, na koji je ograničena proizvodnja kopna, ali vrlo tanak (oko 1/19) u odnosu prema čitavom stupcu vode u oceanu.

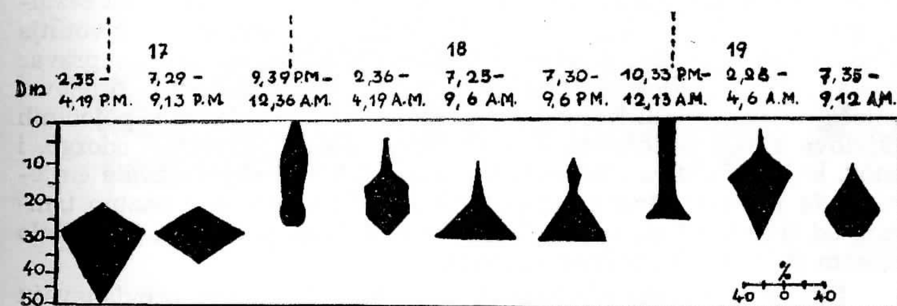
S v i j e t l o i m o r s k e ž i v o t i n j e. Svijetlo općenito indirektno djeluje na morske životinje time što je uvjet postanku organske građe, koja im je potrebna za hranu, kao i obnavljanju kisika, koji je prijeko potreban za disanje. Svijetlo i direktno djeluje svojom podražajnom moću, koja izaziva kod morskih životinja važne, često za održavanje organizma značajne reakcije. One se očituju u gibanjima, vertikalnim putovanjima, pigmentaciji kože i mijenjaju boja, svijetljenju i u naročitim prilagođenjima očiju.

Podražajno (stimulativno) djelovanje svijetla izaziva u prvom redu f o t o t a k t i č n a g i b a n j a. Pri tome razne jakosti svijetla imaju različitu podražajnu snagu. Tako na pr. kopepod *Centropages typicus*, koji pri svijetlu od 1934 H. svijeće treba usrednje 4.4 sekunde, da prevali put od 10 cm, treba pri 0.7 svijeća 8.5 sekunda (W e l s c h).

Analogno i razni dijelovi spektra imaju različitu podražajnu moć na morske životinje. Tako modre zrake vrše veću podražajnu moć na larvu hidroida *Eudendrium* nego zelene zrake, koje imaju veću moć na crva *Arenicola*.

Životinje dubljeg dna, navikle na slabo svijetlo, mnogo su osjetljivije prema promjenama jakosti svijetla nego životinje viših zona.

Svijetlo djeluje na v e r t i k a l n a p o m i c a n j a morskih životinja. Postoje očiti odnosi između dnevnih i godišnjih varijacija jakosti svijetla, te dnevnih i godišnjih promjena u vertikalnoj podjeli mnogih planktonskih životinja. Neke od njih vrše dnevna ritmička putovanja, i to u vrijeme slabljenja svijetla, uveče, prema površini, a u vrijeme porasta svijetla, ujutro, prema nižim slojevima. Evo nekoliko primjera:



Sl. 78. — Vertikalna podjela meduze *Cosmetira pilosella* u vremenu od 17 do 19 lipnja 1925. Gore su naznačene dobe dana. Širina crnih polja u raznim visinama označuje postotak jedinki u istim visinama (R u s s e l).

Crv *Tomopteris helgolandicus*, kopepod *Calanus finmarchicus*, meduze *Turris pileata* i *Cosmetira pilosella* i larve bentoskog raka *Callianassa* danju žive u dubini, a noću ostaju bliže površini (sl. 78). Reagiranja zooplanktona na svijetlo i njegova vertikalna putovanja su skrajnje raznolik i zamršen fenomen. Ne samo što se razne vrste u tom pogledu različno ravnaju, nego i razni spolovi iste vrste reagiraju često različno. Čak i kod istih individua način reagiranja često zavisi od mjesta, vremena i dobi života (R u s s e l).

Putovanja, koja su u odnosu prema svijetlu, mogu pokazivati pored danje također i godišnju periodičnost. Obično se u proljeće vidi na površini najviše oblika, pa se stoga i kaže: »More cvjeta.«

Za neke ribe *(Blennius pholis)* dokazano je, da razlikuju boje na širokom opsegu. Moguće je, da raspoznavanje razlika u intenzitetu svijetla može utjecati na periodična putovanja riba selica. Osobito

putovanja tunja, kako se čini, pokazuju neke znakove utjecaja svijetla. Ova riba na svom putovanju u Sjeverno more ne prolazi kroz Kanal i ne dolazi u većem broju u južnim dijelovima Sjevernog mora, a to se dovodi u vezu sa slabijom prozirnošću voda u Kanalu i u južnom dijelu Sjevernog mora zbog znatnijih iznosa mulja. Reakcija srdjele i brgljuna na vještačko svijetlo odavna se iskorišćuje u ribolovu (ljetni lov ovih riba na svijeću). Vertikalna putovanja haringe i oslića vjerojatno su do nekih granica funkcija svijetla (R u s s e l).

Pored svijetla na vertikalna putovanja planktonskih životinja utječu i podražaji, koji dolaze od uzburkanosti mora (kod uzburkanog mora mnoge planktonske životinje idu u niže slojeve), od sile teže, od temperaturnih promjena i od drugih životinja (C l a r k e, 1936, H a r d y - P a t t o n, 1947).

Podražajno djelovanje svijetla utječe i na p i g m e n t a c i j u kože. Sve do znatnijih dubina (nekako do 500 m) svijetlo u moru nije sasvim difuzno, nego su zrake djelomično upravljene tako, da rezultiraju makar slabe sjene. U tim dubinama je leđna strana životinja više osvijetljena nego trbušna i pobočna. Čini se, da ovakov pravac zraka, koji je uvjet nejednolikom osvjetljenju tjelesnih dijelova, utječe na raspodjelu kožnog pigmenta, i misli se, da boja pojedinih dijelova zavisi od omjera svijetla, koje dolazi direktno odozgo, i onog, koje reflektira okolina (S u m n e r). To bi objašnjavalo činjenicu, da je leđna strana mnogih riba u plićim vodama znatno tamnija od trbušne, i da su životinje većih dubina, u kojima je svijetlo sasvim difuzno, jednolično obojene.

Što se tiče same obojenosti, u raznim dubinama prevladavaju kod životinja različne boje. Mnoge pelagijske vrste, koje žive blizu površine do 200—300 m dubine, su bezbojne i prozirne kao voda. Tako *Salpa* i *Doliolum, Sagitta,* pelagijski heteropodi *Pterotrachea* i *Atlanta,* neki kopepodi, kao *Eucalanus,* razne riblje larve i mnogi drugi oblici. Bezbojnost i prozirnost očito otežavaju progoniteljima raspoznavanje plijena. — Mnoge druge životinje gornjih slojeva, osobito u nižim širinama, pokazuju barem na leđnoj strani modrikastu ili zelenkastu boju pučine, tako sifonore *Porpita* i *Velella,* kopepodi *Sapphirina, Anomalocera* i *Pontella,* puževi *Janthina i Glaucus,* ribe poletuše, tunj, skuša, srdjela i druge. S obzirom na činjenicu, da zbog selektivne apsorpcije brzo nestaje crvenih zraka već u najgornjim slojevima, i da tu organizmi žive uglavnom u zelenkastomodrom svijetlu, ribe s modrim ili zelenim leđima te srebrnasto svijetlim stranama i uopće modrikaste životinje su u zelenkastomodrom svijetlu plitkih voda manje upadljive progoniteljima i tako bolje zaštićene.

U jakom svijetlu ekvatorijalnih voda dolaze uz površinu mnogobrojne vrste naročito iz grupa koralja, bodljara, moluska i rakova

sa šarenim i neobično živim bojama. Nasuprot tome životinje većih dubina, gdje vlada samo slabo modrozelenkasto svijetlo ili potpuna tama, većinom su jednobojne, i to najčešće jednolično tamnoljubičaste, crne, purpurne, crvene i smeđe. Kod njih udara u oči, što se ne podudaraju boje tijela sa sivozelenom bojom muljevita dna (h o m o h r o m i j a). Tamnoljubičaste ili crne su foraminifere i većina riba (sl. 79), koje postaju bezbojne i blijede istom u vrlo velikim dubinama od 3—6 tisuća metara. U velikim su dubinama zelene boje rijetke, a modrih gotovo i nema. Tamnocrvene i ljubičaste boje pokazuju osobito često morske zvijezde, trpovi, rakovi i glavonošci. Tako obojene životinje nevidljive su u komplementarnoj modrozelenoj boji svoje sredine.

Crveni predmeti reflektiraju samo crvene zrake, a budući da ovih ispod 100—200 m nema, crvene životinje ne reflektiraju nikakvih zraka i stoga su nevidljive. Radi se dakle o nekoj vrsti komplementarne hromatičke adaptacije dubinskih životinja na okolno svijetlo.



Sl. 79. — *Malacosteus niger,* crna riba iz velikih dubina (Guide ill. Musée Monaco).

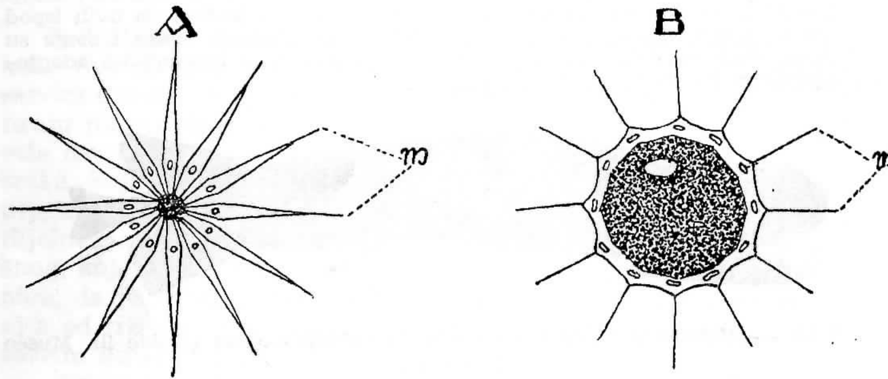
Nasuprot intenzivnoj i većinom tamnoj obojenosti dubokomorskih životinja udara u oči bezbojnost ili slaba žućkasta boja kopnenih životinja, koje žive u tami.

Podražajna moć svijetla utječe na pojavu h o m o h r o m i j e, t. j. podudaranja boje tijela s bojom morskog dna. Kod nekih životinja je boja tijela stalna, no mnoge od njih pokazuju mijenjanje boja prema podlozi, na koju dospiju. Ova pojava je osobito česta kod riba, rakova i glavonožaca. Zavisi od posebnih stanica u koži, h r o m a t o f o r a. Kod r i b a su to velike stanice s dugačkim i zrakastim razgranjenjima na periferiji. Njihova protoplazma sadržava otopljene pigmente ili zrnca različitih boja: crne (melanofori), žute (ksantofori) ili crvene (eritrofori) i t. d. Stanice nemaju sposobnost, da se kontrahiraju i ponovno rastegnu poput ameboidnih stanica, kako se to prije mislilo, nego ostaju stalnog oblika, a samo pigmenti odnosno pigmentna zrnca mogu da se zbog podražaja svijetla, a posredstvom plazmatskih struja, kontrahiraju i koncentriraju u obliku grudice usred hromatoforne stanice i opet rastegnu po stanici. Zavisi samo od boje vanjske sredine, koji će se pigmenti

skupiti, a koji ostati rasijani po staničnoj plazmi i dati boju koži. Utjecaj svijetle podloge na hromatofore vrši se posredno preko očiju, mozga i simpatičnog nervnog sustava.

Zbog toga, ako se riba (na pr. list) oslijepi na oba oka, gubi sposobnost homohromije i uzima neku neutralnu boju bilo da dođe na svijetlu ili tamnu podlogu. To isto biva, ako joj se oštete nervi, koji inerviraju hromatofore (t. zv. pigmentomotori) i kojima upravlja sympaticus.

Kod riba postoji također mijenjanje boja, koje zavisi od fizičkih procesa. One imaju u dubljem dijelu kože naročite stanice (iridocite), koje sadržavaju kristaliće gvanina. Ako se boje u hromatoforima kontrahiraju i svijetlo udara o kristaliće, nastaje lom zraka i igra svijetla, na kojoj se temelji značajni srebrnasti sjaj mnogih riba.



Sl. 80. — Hromatofor glavonošca *A* u kontrahiranom, *B* u raširenom stanju. Na elastičnoj membrani (kapsuli) hromatofora su inserirane glatke mišićne niti (*m*), koje su u *A* u napetom, a u *B* u kontrahiranom stanju. (Portier).

Pojava homohromije dolazi i kod rakâ. Neki od njih nemaju te sposobnosti, pa se rado zastiru (maskiraju) raznim predmetima: algama, briozoima, hidroidima, spužvama i t. d., kao na pr. *Maia squinado*. Ne maskiraju se, ako su oslijepljeni na oba oka. Drugi raci imaju sposobnost homohromije, tako *Crangon vulgaris* i naročito *Hippolyte varians*, koji može uzeti doslovce sve spektralne boje već prema podlozi, na kojoj dolazi. Podraživanje pigmenata, koji se kontrahiraju odnosno šire po hromatoforima, vrši se posredstvom nervnog sustava i posebnih hormona, koji su specifični za pojedine boje i izlučuju se u krv iz žlijezda, koje se nalaze na prednjemu dijelu tijela, te djeluju preko krvi na boje u hromatoforima (Koller).

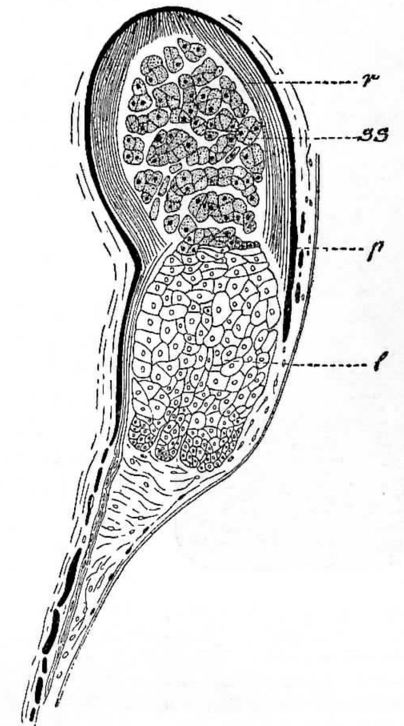
Oslijepljeni račić *Hippolyte* ne mijenja boju. Da pri tome sudjeluju, osim nervnog sustava, također i specifički kemijski agensi, dokazuje pokus, prema kojemu rak, kad se nalazi na tamnoj podlozi i taman je, dobiva svijetlu boju, ako mu se ubrizga u krv nešto krvi svijetlog raka sa svijetle podloge.

Čini se, da i kod nekih riba u mijenjanju boja posreduju hormoni.

Veliku sposobnost naglog mijenjanja boja pokazuju glavonošci, za koje je značajno živo prelijevanje boja. To zavisi od stezanja i rastezanja naročito građenih hromatofora, koje se vrši pasivno, naime djelovanjem posebnih mišićnih stanica. Hromatofori su velike i okrugle stanice bez nastavaka, okružene elastičnom membranom, a na svakoj sjede zrakasto poredane mišićne stanice (sl. 80). Kad se one pod utjecajem nervnog sustava stegnu, hromatofori se s pigmentima rastegnu, a kada kod posljednjih popusti kontrakcija, oni se stegnu (kontrahiraju). Čini se, da bar kod nekih glavonožaca (sipa) na hromatofore utječu hormoni.

Naročite su pojave, koje stoje vjerojatno u daljim, manje neposrednim odnosima sa svijetlom, svijetljenje nekih organizama i posebna prilagođenja očiju kod morskih životinja.

Svijetljenje nekih živih bića je pojava osobito značajna za more, jer su na kopnu svijetleći organizmi rijetki, a u slatkoj vodi ih — osim vrlo rijetkih izuzetaka — nema. Ima u moru vrlo znatan broj bakterijskih vrsta, koje svijetle (fotogene bakterije ili fotobakterije). One su glavni uzrok, da predmeti, koji su bili u morskoj vodi, u tami često svjetlucaju (mreže, uginule ribe i t. d.). Svijetlećih organizama ima dosta među protistima (neki radiolariji, cistoflagelat *Noctiluca*, brojni dinoflagelati, a naročito iz rodova *Peridinium, Ceratium, Prorocentrum* i *Pyrocystis*), koji su s bakterijama glavni uzročnici svjetlucanja (»arduranja«) mora. Među knidarijima svijetle mnogi antozoi (*Pennatulidae, Alcyonidae, Gorgonidae*) i neki hidropolipi i meduze (*Pelagia, Cyanea*). Česta je pojava svijetljenja kod ktenofora (*Beroe* i *Cestus*), kod nekih moluska (goli puž *Phyllirhoë bucephalum*, školjka *Pholas dactylus*, brojni glavonošci), koji imaju naročite organe za svijetljenje, tako kod *Aegopsi-*



Sl. 81. — Svijetleći organ ribe *Argyropelecus affinis*, *ss* svijetleće stanice, *r* reflektor, *p* pigment, *l* leća (prema A. Braueru).

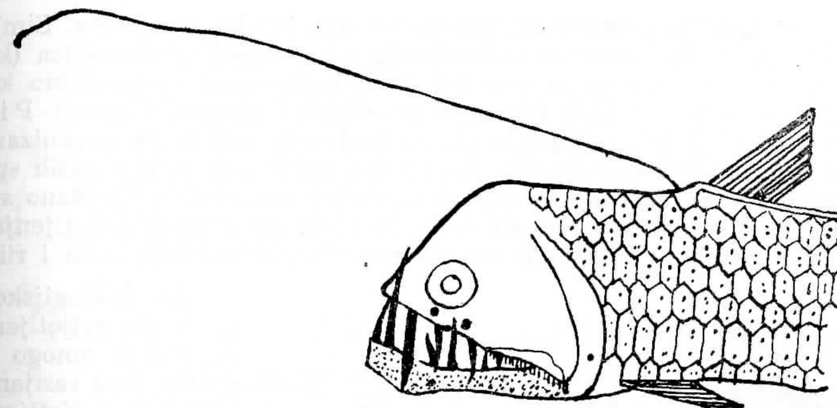
da svijetli oko 77% od svih vrsta. Rjeđe svijetle poliheti kao cjevaš *Chaetopterus, Nereis, Odontosyllis, Polynoë, Tomopteris* i od rakova neki ostrakodi, kao *Cypridina,* kopepodi, pokoji dekapod i neki shizopodi, najzad manji broj ehinoderma kao neki ofiuroidi i zvijezda *Brisinga.* Među tunikatima, koji svijetle, odlikuju se naročito pirosome. Svijetleće organe ima znatan broj riba, osobito dubokomorskih (porodice *Stomiatidae, Sternoptychidae, Scopelidae, Ceratiidae, Macruridae* i druge), rjeđe iz plitkoga mora kao *Anomalops* i *Photoblepharon* iz područja istočnoindijskih koraljnih grebena i *Equula* iz javanskih voda.



Sl. 82. — *Lycoteuthis diadema* (syn. *Thaumatolampas),* dekapodni glavonožac atlantskog oceana, s ventralne strane. Svijetliji krugovi označuju organe za svijetljenje. (Nar. vel., po **Chunu**).

Ima tri tipa svijetljenja kod morskih organizama. Prvome pripadaju oni, koji nemaju nikakvih posebnih organa za svijetljenje, već je ono rasijano više ili manje po cijelome tijelu, kao što je to kod protista, meduze *Pelagia,* puža *Phyllirhoë,* nekih zvijezda i naročito gorgonida, koje prave čitave svijetle oaze na morskom dnu. — Drugom tipu pripadaju oni, kod kojih je svijetljenje ograničeno na žljezdaste organe. To su grupe stanica, koje su u najviše slučajeva ektodermalnog porijekla i izlučuju sekrete, koji svijetle. Sekreti se izlučuju izvan stanica (ekstracelularno svijetljenje) ili ostaju u stanicama (intracelularno svijetljenje, kod bakterija i protista). — Trećem tipu pripadaju organizmi, kod kojih su žljezdane stanice snabdjevene posebnim optičkim pomagalima (pigmentni sloj, leća, reflektor), a to dovodi do tvorbe kompliciranih organa za svijetljenje (sl. 81), koji kazuju znatnu raznolikost i dolaze naročito kod glavonožaca (*Bathyteuthis, Thaumatolampas,* sl. 82), dubinskih rakova (osobito eufauzida) i riba.

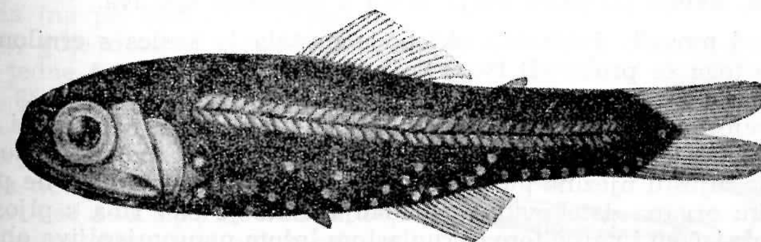
S obzirom na osobine, svijetlo morskih organizama je rjeđe stalno (kontinuirano, naročito kod bakterija), a češće (većinom kod životinja) isprekidano i živahno, jer se proizvodi na mahove pod utjecajem podražaja, kakvi nastaju, na pr., gibanjem okolne vode. — Po boji je svijetlo vrlo raznoliko: ljubičasto, purpurno, crveno, zelenkasto i t. d. To je svijetlo hladno, t. j. toplina, koja se pri njemu razvija, vanredno je malena (80—90% od čitave energije pretvara se u svijetlo, dok kod najboljeg vještač-



Sl. 83. — *Chauliodus sloanei.* (A. Brauer).

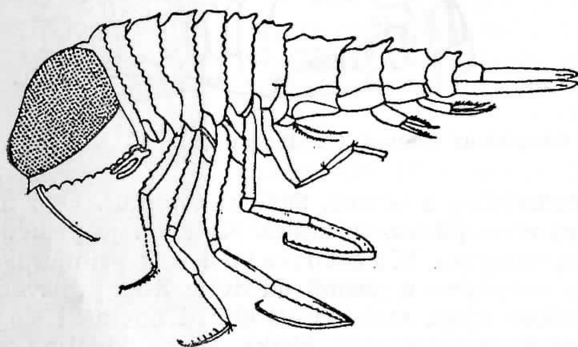
kog svijetla otprilike samo 4%, a ostalih 96% u toplinu). Ono ne sadrži ni infracrvenih ni ultraljubičastih zraka. Katkada je prilično intenzivno, jer prema opažanjima Macdonalda šest primjeraka račića *Meganyctiphanes norvegica* u posudi od dvije litre proizvodi dovoljno svijetla, da se kod njega može čitati obični novinski slog. Ono se može razvijati samo u prisutnosti kisika, ali je dovoljna za to i najmanja množina toga plina.

S obzirom na narav i uzroke, razlikujemo žljezdano i simbiotsko svijetljenje. Prvo potječe od neke fotogene materije (Molisch), koja nastaje kao sporedni proizvod disanja i sadržava posebne tvari, luciferine, koji se u prisutnosti kisika dalje oksidiraju, a pri tome nastaje svijetlo (slučaj hemiluminiscencije). Oksidacija luciferina nije životni proces, jer se može vršiti i nezavisno od organizma, a zavisi barem u nekim slučajevima od prisustva posebnih fermenata (luciferaza). Simbiotsko svijetljenje potječe od fotogenih simbiotskih bakterija. Ono dolazi kod pirosome, gdje se foto-



Sl. 84. — *Myctophum dofleini.* Svijetlija mjesta odgovaraju organima za svijetljenje. (Guide ill. Musée Monaco).

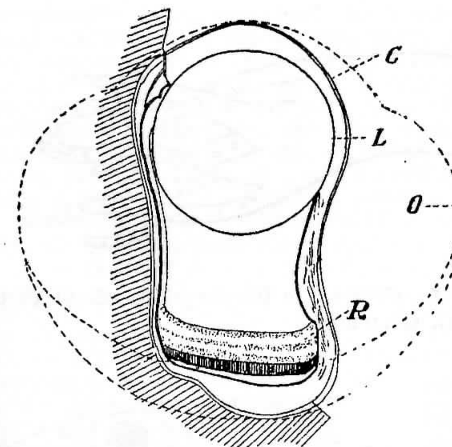
gene bakterije prenose na potomstvo već jajnim stanicama. Simbiotske bakterije uzrok su svijetljenju i kod nekih glavonožaca (kod roda *Sepiola* je uspjelo uzgajati ih u kulturama) i vjerojatno kod nekih riba plitke vode (*Anomalops, Photoblepharon, Equula*). P i e r a n t o n i je bio mišljenja, da su kod svih svijetlećih organizama bakterije uzrok svijetljenja. No prema sadašnjem stanju naših spoznaja čini se, da u većini slučajeva dolazi samostalno žljezdano svijetljenje, kakvo je u prvom redu kod intracelularnog svijetljenja i tvorbe posebnih fotogenih organa mnogih glavonožaca, raka i riba.


Sl. 85. — Dubokomorski rak *Cyrtisoma spinosum* s povećanim očima (C h a l l e n g e r-Report).

O biologijskom značenju svijetljenja ne znamo mnogo sigurno. Kod rasijanog difuznog svijetljenja protista i knidarija radi se vjerojatno o sporednoj pojavi, koja prati procese disanja i ne donosi koristi. Nasuprot tome naročito izgrađeni svijetleći organi mogu biti korisni organizmu u bilo kojem pogledu. Tako na pr. svijetleće organe na kraju tjelesnih produženja možemo tumačiti kao sredstva za primamljivanje plijena, kao kod većeg broja riba koštunjača (na pr. *Chauliodus sloanei*, sl. 83, »lov na udicu«). Kad su organi za svijetljenje pokretljivi poput reflektora, na pr. na glavi nekih shizopoda, mogu poslužiti kao sredstvo za osvjetljenje okoline u svrhu traganja za plijenom. Specifični poređaji (rizbe, sl. 84), jakosti i boje fotogenih organa kod raznih pelagijskih rodova i vrsta mogu u dubokoj tami poslužiti istoj zadaći, kao razne boje i šare na danjem svijetlu, naime prepoznavanju vrsta i potražnji spolova.

Kod mnogih dubinskih oktopoda nestala je kesica s crnilom, a mjesto toga se proizvodi tvar, koja u tami svijetli.

Izvjestan odnos prema prilikama svijetla u moru nalazimo i kod očiju morskih životinja, u prvome redu riba. Narav morske vode, na prvome mjestu njezina gustoća, koja lako apsorbira svijetlo, ne prija razvitku organa dalekovidnog gledanja. Zato je oko riba s pljosnatom rožnjačom i naročitom okruglastom lećom nepromjenljiva oblika prilagođeno na gledanje izbliza, otprilike koji metar u daljinu. Akomodacija na gledanje u daljinu, ali ne više od nekoliko metara, vrši se

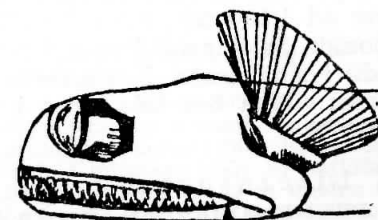


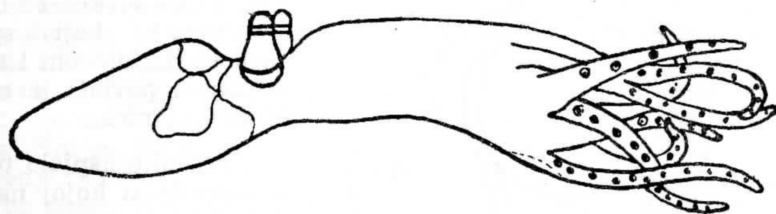
Sl. 86. — Teleskopsko oko dubokomorske ribe *Argyropelecus* u medianom prerezu s obrisom normalnog oka *O*.—*C* cornea, *L* leća, *R* retina. (Prema A. B r a u e r u i V. F r a n z u).

spomoću posebnog mišića (*p r o c e s s u s f a l c i f o r m i s*), koji spaja leću sa horioideom i skraćivanjem povlači je nešto bliže mrežnici.

Još nije uspjelo točno ustanoviti, u kojoj najvećoj dubini mogu morske životinje još vidjeti. Pretpostavlja se, da ljudsko oko još reagira na svijetlo, koje je tek 10^{-10} dio neoslabljenog sunčevog svijetla. Takvo osvjetljenje dolazi približno u 700 m dubine najčistije oceanske vode ili u 300 m obične oceanske vode ili u 60 m obalne vode s bogatom suspenzijom (C l a r k e). Prema pokusima G r u n s f e s t a riba *Lepomis* reagira na najslabije svijetlo, na koje i čovječje oko. Može se pretpostaviti, da ribe velikih dubina mogu reagirati na još slabije svijetlo od onog, na koje reagiraju čovječje oko i riba *Lepomis*. Odatle bi bilo razumljivo, zašto su mnoge životinje, koje žive u dubinama od preko 700 m, očuvale oči.

Nedostatak svijetla u moru djeluje često u dva pravca: u pravcu povećanja i redukcije očiju. Kod nekih morskih životinja oči su znatno povećane, i time je bolje omogućeno iskorišćivanje i slabijih tragova naravnog ili vještačkog (od svijetlećih organa) svijetla. Povećane oči dolaze kod nekih rakova, osobito kod batipelagijskih shizopoda (na pr. kod roda *Stylocheiron*), gdje dostižu jednu desetinu do jedne šestine tjelesne veličine (sl. 85), zatim kod mnogih riba (na pr. kod roda *Argentina*). Osobita je modifikacija povećanog oka, koja ne dolazi nigdje izvan mora, t. zv. t e l e s k o p s k o oko (sl. 86), kakvo nalazimo kod nekih rakova, glavonožaca i velikog broja riba. Ono ima jednu os (glavnu) znatno

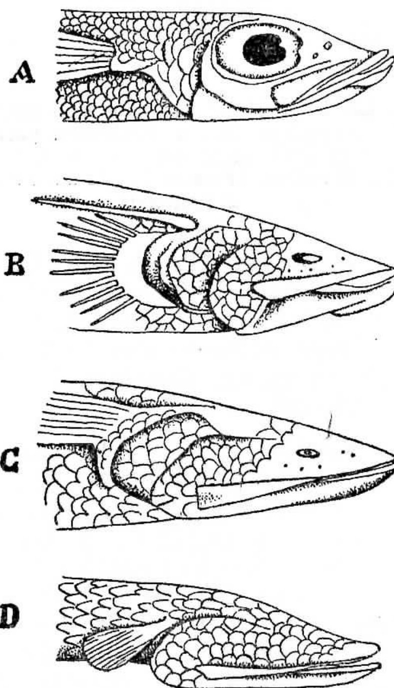

Sl. 87. — *Gigantura chuni* s teleskopskim očima (Po B r a u e r u).



Sl. 88. — Dubokomorski glavonožac *Amphitretus* s teleskopskim očima (crtež prema C. Chunu).

dulju, upravljenu naprijed prema ustima (rod *Gigantura*, sl. 87) ili prema gore (riba *Argyropelecus*, glavonožac *Amphitretus*, sl. 88). Izraz »teleskopsko oko« (Chun) odnosi se na oblik i smještaj oka, a ne na sposobnost, jer je i ono kratkovidno kao kod svih riba. Ima samo relativno veliku leću, koja omogućuje bolje iskorišćivanje slaboga svijetla u dubinama i viđenje organizama, koji su u dubinama najčešće malenih razmjera. Izduljen oblik stoji očito u vezi s ekonomijom građe.

Druge dubokomorske životinje reagiraju na nedostatak svijetla redukcijom očiju (89). Djelomično ili sasvim zakržljale oči nalaze se kod nekih oblika iz raznih životinjskih grupa: puževa, glavonožaca (*Cirrothauma murray* iz dubine od 1.500 m), rakova (slijepi erionidi, halocipridi i mnogi amfipodi) i riba (raža *Benthobatis* sa sitnim očima bez leća, irisa i pigmenta).



Sl. 89. — Progresivno zakržljanje očiju kod dubokomorskih skopelida. *A Chlorophtalmus productus* iz 575 m dubine. *B Bathypterois dubius* iz 800 do 1600 m. *C Benthosaurus grallator* iz 3000 m. *D. Bathymicrops regis* iz 5000 m dubine. (Murray J. i Hjort J.).

Literatura:

BERTHOLD G. (1882), Über die Verteilung der Algen im Golf von Neapel. Mitteil. Zool. Stat. Neapel, 3. — BORESCH K. (1921), Die koplementäre chromatische Adaptation, Arch. für Protistenk. 44, 1. — CLARKE G. L. (1936), Light penetration in the western north Atlantic and its application to biological problems. Rapp. Proc. Verb. Copenhague, 101. — EHRKE G. (1932), Über die Assimilation komplementär gefärbter Meeresalgen im Lichte von verschiedenen Wellenlängen. Planta 17. — IDEM (1934), Die Assimilation in ihrer Abhängigkeit von Licht, der Temperatur, der Kohlensäuremenge und der Zeit. Internat. Rev. B. XXXI. — ENGELMANN TH. (1883), Farbe und Assimilation, Botan. Zeitung, 41. — GAIDUKOV N. (1902), Über den Einfluss farbigen Lichtes auf die Färbung lebender Oscillarien. Abhandl. Preuss. Akad. d. Wissensch. 1902. — GRUNSFEST H. (1932), The sensibility of the sun-fish, Lepomis, to monochromatic radiation of low intensities. Journ. Gen. Physiol. v. 15. — HARDY A. C. a. PATTON W. N. (1947), Experiments in the vertical migration of plankton animals. Journ. Mar. Biolog. Assoc. XXVI, 4. — MONTFORT C. (1940), Die Bedeutung meereskundlicher Forschung für Grundfrage der Pflanzenphysiologie und der Vegetationskunde. Kieler, Meeresforsch. Bd. III. — LUBIMENKO V. N. et TIKHOUSKAIA Z. (1928), Recherches sur la photosynthèse et l'adaptation chromatique chez les algues marines. Trudy Sebast. Biol. Stat. v. 1. (S. S. S. R. Akad. Nauk.). — RODIO (1936), Sui pigmenti delle ficee. Bulletino dell'orto botanico dell univers. Napoli, 13. — RUSSEL F. S. (1935), A review of some aspects of zooplankton research. Rapp. Proc. verb. Kopenh. V. 95. — SAUVAGEAU C. (1908), A propos d'oscillariées rouges observées dans un aquarium. C. R. Soc. Biolog. 65. — SEYBOLD A. (1938), Quantitative Untersuchungen über Chlorophyll und Carotinoide der Meeresalgen. Jahrb. wissensch. Botanik 86. — SPONER G. M. (1933), Observations on the reactions of marine Plankton to light. Journ. Mar. Biol. Assoc. XIX. — VOUK V. (1936), Cijanoficeje i salinitet u talusu alge Codium bursa. Rad. Jugosl. akadem. Zagreb, knjiga 254 (79). — VOUK V., KLAS Z. i ŠKORIĆ V. (1931), Nova fotobakterija iz Jadranskog mora i utjecaj koncentracije H-iona na njezino svijetljenje. Rad Jugosl. akad. Zagreb, knjiga 241.

Život u moru prema morskim dobama i strujama

Odnosi prema morskim dobama

Morska doba utječu na život obale indirektno, naime time, što su uvjet pojavama emerzije, koja uzrokuje kolebanje nekih vanjskih faktora odlučnih za život. Ti faktori su: visina morske razine i u vezi s njome stepen vlažnosti, temperatura, slanoća, gibanje i mlatanje vode.

S obzirom na visinu morske razine ili stepen vlažnosti, postoje svi prijelazi između točaka, koje ostaju trajno pod vodom, i onih, koje ostaju trajno izvan vode. Temperatura također pokazuje najveći opseg kolebanja između danjih odnosno ljetnih ugrijavanja i noćnih odnosno zimskih ohlađivanja. Slično i slanoća, koja u vrijeme emerzije može jako porasti zbog isparavanja ili pasti zbog pritjecanja slatke vode. Gibanja i mlatanja vode su najjača u području morskih doba. Gibanje se u Mediteranu osjeća do 40 m dubine (na Alžirskoj obali, Ainé). Mehanička snaga gibanja i mlatanja može biti vrlo velika, iako ju je teško odrediti. Udar vala na obali može katkada pomaknuti betonski blok od 3.500 tona težine (Hagmeyer). — I ostali faktori, kao svijetlo, pH i t. d., pokazuju u području plime i osjeke znatna kolebanja.

Kolebanje spomenutih faktora u području morskih doba pokazuje zonalan raspored, t. j. stepen kolebanja je tim veći, što se stanište nalazi na višem položaju iznad najniže morske razine. Radi velikog kolebanja spomenutih fizičkih i kemijskih uvjeta sredine živa bića u zoni emerzije nalaze se u trajnoj borbi za opstanak, a protiv nepovoljnih životnih uvjeta zaštićena su shodnom građom tijela, posebnim fiziologijskim stanjem plazme, a i načinom života.

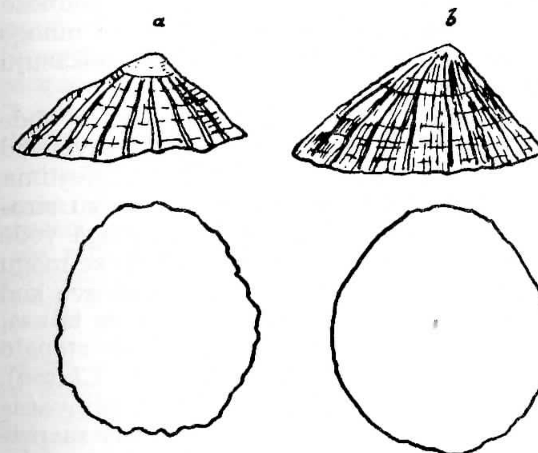
U odnosu prema dizanju i padanju vodene razine, a s tim u vezi prema stepenu vlažnosti morske alge u zoni emerzije rijetko pokazuju morfologijske naprave protiv gubitka vode u vrijeme oseke. Tako jadranski *Fucus virsoides* izlučuje na površini steljke znatnu množinu sluzi, koja zadržava vlagu i sprečava isušenje. No i neke druge alge, koje nemaju nikakovih morfologijskih prilagodbi, mogu ostati i nekoliko dana iznad morske razine, a da ne izgube potreban minimum vode i da se ne osuše, a to stoga, što živu u gustim jastučastim naseljima, kao na pr. *Gelidium pusillum* var. *pulvinatum*, ili stoga, što ostaju zaklonjene u duboko zasjenjenim i vlažnim pukotinama među kamenjem, kao *Catenella opuntia*, ili napokon stoga, što ostaju zaštićene sluznim tokovima, kao modrozelene alge. Druge alge, kao *Rissoëlla verruculosa*, *Porphyra leucosticta* i *Bangia atropurpurea*, mogu zbog dugotrajne (Berthold, Feldmann) emerzije potpuno izgubiti vodu, osušiti se i pocrnjeti, a da pri tom ne pretrpe smrtonosnih posljedica. Ova njihova sposobnost pripisuje se plazmatskom faktoru, t. j. nekom plazmatskom stanju, koje im omogućuje, da pretrpe više ili manje znatan gubitak vode bez oštećenja.

Kao indikator oštećenja odnosno zdravstvenog stanja plazme možemo smatrati njezinu asimilacijsku sposobnost prije i poslije emerzije. Od tri vrste fukusa, nakon petsatne emerzije, zatim ponovne imerzije od 15 minuta, *Fucus platycarpus* je pokazivao 97%, *F. vesiculosus* 72%, a *F. serratus* samo 45% od svoje predašnje asimilacijske sposobnosti, i ove razlike odgovaraju naravnim staništima spomenutih alga, od kojih se prva javlja u najvišem, a treća u najnižem pasu emerzijske zone (Kaltwasser, 1938).

Protiv štetnih utjecaja odstupanja vode u vrijeme emerzije životinje se zaštićuju poglavito nekim morfologijskim osobinama, načinom života i stanjima plazme. Prve se odnose na tvorbu vanjskih skeleta, u kojima se mogu za emerzije potpuno zatvoriti i tako sačuvati oko tijela najpotrebitiji minimum vode. Takve skelete imaju poglavito školjke (na pr. *Mytilus* i *Cardium*), puževi (*Patella*) i balanidi (*Balanus, Chtamalus*).

Patella ima na kamenu stalno mjesto počinka, na koje se vraća u vrijeme emerzije, i na njemu se svojom ljušturom tijesno i nepropusno priljubljuje, a to joj je moguće stoga, jer periferni obris odnosno neravnosti ljušture potpuno odgovaraju neravnostima izabranog mjesta počinka (sl. 90, Hesse, 1924).

Neke se životinje brane protiv gubitka vode time, što se pomiču uporedo s pomicanjem vode. Tako mnogi oblici makrofaune, kao ribe i raci (*Crangon, Carcinus*) s niskom vodom odlaze, ili se skrivaju ispod kamenja, ili u taluse alga, gdje im je osiguran potreban minimum vlažnosti. Drugi oblici naročito iz mikrofaune, pokazuju vertikalna kretanja od površine pijeska ili mulja prema dubljim slojevima, u kojima intersticijalni prostori čuvaju vodu. U vezi s time u zoni emerzije u većoj su mjeri nego na trajno podvodnom dnu razvijene endobioze. Mnogobrojne životinje iz raznih grupa grade u ovoj zoni cijevi, koje i u vrijeme oseke zadržavaju vodu, a druge se naprosto zakopavaju u meko i trajno vlažno morsko dno.



Sl. 90. — *Patella vulgata*, ljuštura gledana sa strane. Različit obris primjeraka s hrapave (*a*) i glatke (*b*) podloge. (Prema E. S. Russelu).

Specifična stanja plazme (plazmatski faktor) omogućuju nekim životinjama amfibičan način života: u vodi i izvan nje. Gdjekoje u slučajevima dugotrajne emerzije prelaze u neko stanje ukočenosti, u kojemu mogu provesti skrajne prilike bez opasnosti po život.

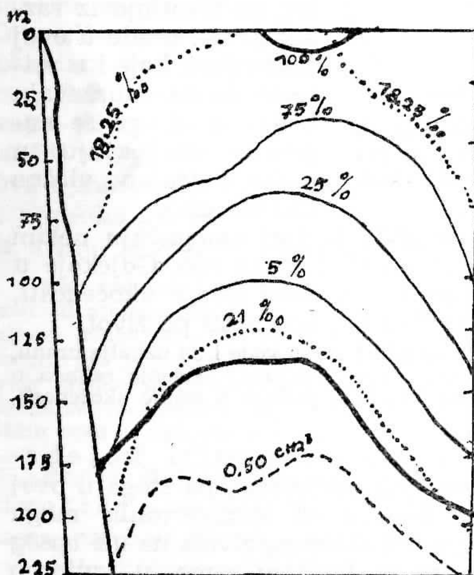
Puž *Littorina* na pr. sposoban je da se giba i izvan vode i da uzimlje hranu, ukoliko je tlo barem vlažno. *Littorina littorea* se kod jačeg isušenja zakapa u pijesak, dok *L. saxatilis* i *L. neritoides* za jake suše prelaze u stanje ukočenosti, u kojemu mogu izdržati više mjeseca.

U odnosu prema znatnim temperaturnim kolebanjima, emerzija djeluje na organizme selektivno, pa stoga u ovoj zoni trajno žive samo euritermna bića, a od stenotermnih mogu živjeti samo ona, koja ograničuju period aktivnog života na uži opseg temperaturnog kolebanja, i stoga se tu javljaju samo u izvjesno godišnje doba. Sposobnost nekih organizama da podnesu i znatnija zagrijavanja ili ohlađivanja, značajna za ovu zonu, temelji se na specifičnim osobinama njihove plazme.

Moore (1935) je kod ne baš skrajnih temperatura našao u plaštanoj duplji balanida *Chtamalus stellatus* temperaturu od 36.3° C, a *Balanus tintinnabulum* je pokazivao u dvanaest dana temperaturu od preko 50° C, pa je i poslije toga normalno živio.

U odnosu prema kolebanjima slanoće litoralne alge se pokazuju znatno otpornije od dubinskih, kod kojih na prirodnim staništima ne dolaze znatnija kolebanja slanoće. Dok opseg osmotske otpornosti kod dubinskih iznosi samo 0.5 do 1.4 od normalne slanoće (pri većoj slanoći nastaje plazmoliza), alge plime i oseke podnose slanoće, koje su 0.2 do 2.2 puta normalne slanoće, t. j. koje su mnogo niže i mnogo više (B i e b l 1938). Morske životinje obale pokazuju sve odreda visok stepen eurihalinosti.

Odnosi organizama prema g i b a n j i m a i m l a t a n j u vode slabo su poznati, a to stoga, što udarna snaga vode jako zavisi od izloženosti obale i teško ju je mjeriti i odrediti. Općenito na mjestima jakog gibanja i mlatanja naselja biljki i životinja relativno su siromašna, i to siromašnija, što je izloženost obale i udarna snaga vode veća. Neke biljke i životinje pokazuju naprave u građi, koje se mogu dovesti u odnos prema gibanju i mlatanju vode. Takve naprave kod alga su nitast, jastučast (*Gelidium*) i korast (*Ralfsia*) oblik talusa, a kod životinja jako stopalo (puževi *Patella* i *Chiton*), čakljaste tvorbe za prihvaćanje (*Caprella*), bisus za pričvršćivanje (*Mytilus*), jake ljušture ili cijevi (*Ostrea*, balanidi, crv *Pomatoceros*, puž *Vermetus*). Protiv gibanja i mlatanja vode štiti također endobiotski način života (*Lithodomus*, litofitske alge) i zaklanjanje iza kamena (*Carcinus maenas*).



Sl. 91. — Hidrobiološki prerez kroz Crno more od južne strane Krima (lijevo) prema anatolskoj obali (desno) u februaru 1925. Krivulje iz točkica označuju izohaline (u ‰), one iz crtica označuju množinu H_2S, dok izvučene označuju množinu kisika (isoksigene) u postocima zasićenosti. Debela crta označuje donju granicu planktona. (Prema N i k i t i n u).

Odnosi prema morskim strujama

Utjecaji su struja na morski život mnogostruki, indirektni i od najvećeg značenja.

S t r u j e o b n a v l j a j u k i s i k i time imaju osnovnu važnost za podržavanje života u dubinama. Duboki slojevi oceana, u kojima je zbog nestašice svijetla nemoguća asimilacija ugljičnog dioksida i obnavljanje kisika, ubrzo bi zbog disanja živih bića ostali bez kisika, da se on tu trajno ne obnavlja. Obnavljanje se vrši strujama, koje naročito u području arktika i antarktika nose površinsku, kisikom bogatiju vodu u dubine. Na taj je način život dubina, ispod produktivne zone, potpuno ovisan od sistema oceanskog strujanja. Samo one vode, u kojima je obnavljanje kisika spomoću struja nemoguće, pokazuju vrlo niske iznose ili potpuno odsustvo toga plina. Takove prilike susrećemo na dnu nekih norveških fjordova i u donjim slojevima Crnoga mora (sl. 91).

U fjordovima stoje na putu strujama i obnavljanju vode i kisika podmorski grebeni, koji ih ograđuju od otvorenog oceana. U Crnom moru zbog riječnih pritoka jako oslađeni i specifički mnogo laganiji gornji slojevi priječe vertikalno miješanje i obnavljanje dubinskih slojeva konvekcijom, a bosporski greben, koji se diže sve do nekih 40 m dubine, stoji na putu obnavljanju iz mediteranskih voda. Stoga je u njima tolika oskudica kisika, da on nije dovoljan ni za oksidiranje sumporovodika (H_2S), koji nastaje rastvaranjem leševa iz gornjih slojeva, pa se taj otrovni plin gomila ispod izobate od 180 m u znatnim množinama (gdjekada do 9.58 cm^3 u litri vode). Stoga se donja granica bilja i životinja u ovom moru nalazi negdje između 130 i 190 m, a u donjim slojevima je, dakako, moguć život još samo anaerobnim bakterijama.

Struje u t j e č u n a p o m i c a n j e p l a n k t o n s k i h b i ć a, i tako su uzrok pojavljivanju vrsta na položajima, gdje ih prije nije bilo. Noseći vodu s jednog položaja na drugi, struje s njome nose i njezine stanovnike. Stoga oni, ako su ograničeni samo na te vode i za njih značajni, mogu se smatrati pouzdanim znakovima ili i n d i k a t o r i m a odnosnih voda ili struja, gdje god ih nađemo daleko od normalnog centra njihove rasprostranjenosti.

Tako je na pr. pteropod *Limacina helicina* u Barencovu moru i u vodama oko Islanda indikator hladne arktičke struje, a *Sagitta elegans* i kopepod *Meganyctiphanes norvegica* su indikatori umjereno tople atlantske vode. *Salpa democratica* i *S. fusiformis* su indikatori toplije atlantske vode.

Već nekako od početka ovog stoljeća općenito se smatra, da se neki planktonski organizmi (indikatori) mogu uzeti u pomoć za izučavanje struja i uopće hidrografijskih problema. Kod upotrebe planktonskih oblika kao indikatora struja potrebna je velika opreznost, jer se i na istom položaju mogu preko godine znatno izmijeniti životni uvjeti, a s njima od česti i planktonsko naselje. Vrste, koje su značajne za izvjesne vode, mogu se bez prigovora upotrebiti kao indikatori odnosne vode ili struje, ako se pojave naglo i u većem mnoštvu, naročito, ako je to pojavljivanje periodično. Pojava nekoliko indikatora skupa, dakle čitave zajednice za neku vodu specifičnih vrsta, ima naročitu dokaznu vrijednost, da je tu odnosni tip vode.

Upotreba planktonskih indikatora može biti od znatne pomoći u ribarstvu. Ako se prethodno ustanovi stalna povezanost između ribe i indikatora, oni mogu poslužiti za predskazivanje uspjeha ribolova. No u tu svrhu treba iznaći praktične indikatore, t. j. one, koji su dovoljno veliki, da se mogu ustanoviti već makroskopskim istraživanjem. Stoga nanoplanktonski oblici nisu praktični indikatori, a pored toga oni su često i nepouzdani, jer se radi brzog umnožavanja mogu pojaviti naglo i u vodama, koje su prije bile samo pod izvjesnim utjecajem struje.

Za upotrebu planktonskih vrsta kao indikatora potrebno je poznavanje biologije tih vrsta. Ista vrsta može pokazivati u raznim vodama različne biologijske osobine, na pr. brzinu rastenja, dob spolnog dozrijevanja i t. d. Stoga je upotreba takvih vrsta kao indikatora moguća, samo ako su nam poznate njihove biologijske osobine u raznim vodama.

S t r u j e u t j e č u i n a p o m i c a n j e r i b l j i h n a s e l j a pa su stoga važne za ribarstvo. (O utjecaju struja na seobe riba vidi str. 120).

Danski su istraživači (P e t t e r s s o n 1926) ustanovili korelaciju između jakosti podvodne struje, koja teče iz Sjevernog mora kroz Skagerak i Kategat u Baltik, i izdašnosti ribolova skuša u Skageraku, Kategatu i Baltiku, u periodu 1909—1923. Stoga je J o h a n s e n upotrebio hidrografijske podatke za prognoze tog ribolova.

Na pomicanje ribljih naselja vrše jak utjecaj periodična pomicanja tople atlantske vode prema sjeveru i jugu, koja francuski istraživači nazivlju t r a n s g r e s i j e (L e D a n o i s, 1933). Ribe hladnijih voda, kao bakalar, koji je u vrijeme mriješćenja vrlo stenoterman (3°—5°C) i stenohalin (33—34‰), uzmiče pred toplom atlantskom vodom prema sjeveru, pa stoga u vrijeme jakih transgresija ostavlja brakove oko New Foundlanda i seli se u sjevernije vode oko Grönlanda. Naprotiv, one ribe, koje ne podnose vodu hladniju od 0—14°C, kao srdjela, za ljetnih transgresija pomiču se daleko na sjever, a s regresijama se vraćaju prema jugu. — Izučavajući statističke podatke o lovu sardinskih, sicilskih i tuniskih tunolovki S e l l a je ustanovio dugoročna kolebanja lova, koja je nazvao s e k u l a r n i m f l u k t u a c i j a m a ribolova tunja (H e l d t 1930). Maksimumi lova su bili u drugoj polovici XVII vijeka (oko 1775. g.) i oko 1880. g., a minimumi oko 1820.—1830. i oko 1940. Ove fluktuacije odgovaraju jednakim fluktuacijama ribolova tunja u Portugalu, a također i zadnjoj sekularnoj fluktuaciji ribolova haringe u Skageraku. To bi govorilo u prilog P e t t e r s s o n o v o j teoriji o djelovanju dubinskih valova plime velikih perioda na pomicanje i pojavljivanje riba.

S t r u j e s u u v j e t o b n a v l j a n j u p r o i z v o d n j e o r g a n s k e t v a r i u moru time, što dopremaju iz većih dubina u produktivnu zonu prijeko potrebne soli fosforne i dušične kiseline (str. 204). Time struje ispunjavaju jedan od bitnih preduvjeta za trajno podržavanje cjelokupne biocenoze mora.

K a k o s t r u j e u t j e č u n a p o d j e l u i r a s p r o s t r a n j e n o s t morskih organizama, o tome vidi na str. 295.

L i t e r a t u r a :

AINÉ G. (1842), Recherches expérimentales sur le mouvement des vagues. Ann. Chim. et Phys. 3 ser. t. V. — BIEBL R. (1938), Trockenresistenz und osmotische Empfindlichkeit der Meeresalgen verschiedener Standorte. Jahr. wissensch. Botan. 86. — HAGMEIER A. (1930), Die Besiedelung des Feststrandes und der Klippen von Helgoland. Wissenschaftl. Meeresuntersuch. Helgoland 15. — HELDT H. (1930), Le ton rouge et sa pêche. Bull. Inst. océan. Salambô No 18. — KALTWASSER J. (1938), Assimilation und Atmung der submersen Fucus-Arten als Ausdruck ihrer Entquellungresistenz. Protoplasma 29. — MOORE B. (1935), The biology of Balanus balanoides. Journ. Mar. Biolog. Assoc. XX, 2. — PETTERSSON O. (1926), Current and fish migrations in the transition area. Journ. du Cons. I. — STOCKER O. und HOLDHEIDE W. (1937), Die Assimilation helgoländer Gezeitenalgen während der Ebbezeit. Zeitschr. f. Botan. 32.

Ž i v o t n a m o r s k o m d n u

Morsko dno se na raznim mjestima razlikuje fizičkim i kemijskim osobinama. Između njih i bentoskih organizama postoje značajni odnosi i tijesna povezanost, iz kojih proizlazi tvorba različitih naselja sa specifičnom građom i prilagođenjima tako, da se ona ne mogu ni zamisliti odvojena od svoje podloge. Najbitnije su od svih osobina morskog dna njegova kompaktnost, čvrstoća i struktura, pa su se poglavito prema ovim razvila i razna naselja. Među njima su naročito značajna naselja na hridinastom, pješčanom i muljevitom dnu.

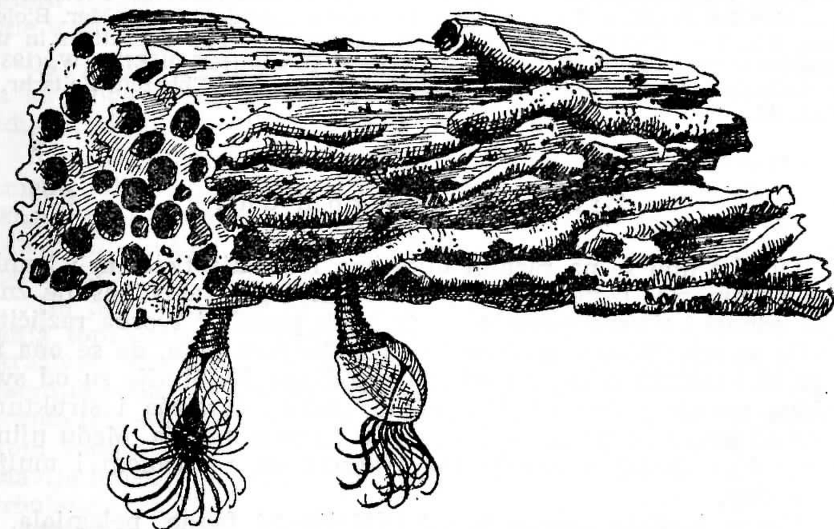
Fauna bentala mnogo je raznoličnija od faune pelagijala, a raznolikosti su uvjet napose osobine morskog dna, a u manjoj mjeri dubina i slanoća.

K e m i z a m p o d l o g e s a m p o s e b i ima samo sporednu ulogu. On jače utječe posrednim putem, t. j. djelujući na druge faktore, koji su važni za život, kao što su naročito sadržaj plinova i množina hrane. Ostale t. zv. s l u č a j n e osobine morskog dna, kao osvijetljenost i boja, stepen emerzije (za oseke) i izloženost utječu na građu naselja također posredno, naime preko odnosnih faktora svijetla, plime, oseke i mlatanja.

Život na morskom dnu pristupačan je neposrednom promatranju samo u vrlo plitkoj vodi. U većim dubinama potrebna je za to upotreba alata za lov, kao dredža, povlačne mreže i t. d., ili uzima-

nje primjerka morskog dna. Nedostatak upotrebe mreža je u tome, što se one u velikim dubinama sporo povlače i mogu iznijeti napolje samo slabije i tromije životinje. Opažanje morskog dna spomoću podmorskih hermetično zatvorenih metalnih balona, kakve je upotrebio B e e b e, iziskuje gotovo čitave ekspedicije. U posljednje se vrijeme sve više upotrebljava radi izučavanja morskog dna i života na njemu podvodna fotografija, koja omogućuje izučavanje morskog života na prirodnom staništu.

N a s e l j e h r i d i n a s t a d n a. Osnovno obilježje hridinastog dna je njegova kompaktnost i tvrdoća. Pored toga je hridinasto dno obično izloženo jačem gibanju vode i mlatanju. Tvrdoća i kompaktnost omogućuju život samo stanovnicima površine, epibiontima,



Sl. 92. — *Lepas anatifera*, a u drvetu cijevi školjke *Teredo navalis* (orig.).

a svim drugim organizmima, osim relativno rijetkih izuzetaka, postavljaju nepromostive poteškoće, da prodru ispod površine i žive kao endobionti. Gibanje vode dopušta život samo onima, koji mogu da se na bilo kakav način pričvrste na podlozi i tako odupru snazi vode, a jače mlatanje mogu podnijeti samo oni, koji su na poseban način zaštićeni protiv njezina mehaničkog djelovanja. U odnosu prema tim osobinama naselja hridinasta dna sastoje se pretežno od epibioza, a samo od manjeg broja endobiontskih oblika. Epibioze čine t. zv. e p i l i t i o n, a endobioze e n d o l i t i o n (R e m a n e).

Za epilition su značajni sesilni i hemisesilni oblici. Među prvima dolaze na prvom mjestu više alge, koje su sve, osim malo oblika, stanovnici epilitiona. Podloga im služi samo za pričvršćivanje, jer hranjivu otopinu primaju cijelom površinom steljke. Na podlozi se pričvršćuju spomoću bazalnih dijelova, koji su se razvili u obliku pločica (*Cystoseira barbata*) i raznih korenolikih (*Laminaria*) ili vlasastih (*Udotea*) tvorba. Sudeći prema njihovim naseljima na plutačama, željeznim lancima i t. d. čini se, da su one indiferentne prema kemijskom sastavu podloge. Od sesilnih i hemisesilnih životinja za epilition su značajne napose spužve, mnogi zastupnici hidroidnih polipa, ciripediji, nekoliko značajnih crva i moluska, briozoi i tunikati.

U Jadranskom su epilitionu od s p u ž a v a vrlo rasprostranjene vrijedna *Euspongia officinalis*, koja dolazi uzduž čitave jadranske obale i seže do nekih stotinu metara u dubinu. Vrlo je česta također *Chondrosia reniformis*, koja pravi na kamenju glatke sivo smeđe ili žućkaste prevlake gomoljastog ili bubrežastog oblika. Sumporno žuta i rožana *Aplysina aërophoba* slična je upravo položenim cijevima i na zraku dobiva tamnomodru boju. Kuglasta i sumporno žuta *Tethya lincurium*, okruglasta i velika (do 60 cm u promjeru) *Geodia gigas* kremene su spužve naseljene bogatom faunom u sistemu cijevi (račić *Alpheus*). — H i d r o i d n i p o l i p i i k o r a l j i su upućeni na čistu vodu tvrdog dna, gdje je taloženje mulja zbog gibanja vode minimalno. U vodi s bogatom suspenzijom finih čestica njihove lovke bi se prekrile talogom i postale nesposobne za hvatanje plijena (primjer, kako odnosi organizma prema sredini nisu uvijek jednostavni i direktni). Od hidroidnih polipa u jadranskom su epilitionu česti *Aglaophenia pluma*, *Antennularia antennina* i *Tubularia indivisa*, posljednja s dvostrukim vijencem lovki na polipima. Od koralja su na kamenju naročito česte moruzge, kao crvena *Actinia equina*, zelenkasta i po tijelu poprečno prutasta *Actinia cari* i također ze-



Sl. 93. — Puž *Vermetus* (orig.).

lenkasta *Anemonia sulcata*, koje sve dolaze u zoni oseke ili nešto ispod nje. — Raci ciripediji *Balanus* i *Chtamalus* prirasli su ljušturicama uz kamen u epilitoralnoj zoni. Njihov srodnik Lepas (sl. 92) pričvršćuje se posebnim drškom na plutajuće komade drva, podvodne dijelove lađa i t. d. — Od crva su značajni za epilition rodovi *Serpula, Pomatoceros* i *Sabellaria*. Prva dva prirašćuju uz hridinu vapnenačkim, a *Sabellaria alveolata* kožastim cijevima, koje su ozgor nalik na pčelinji sat. Zeleni i mješinasti ehiuroid *Bonellia viridis* zaštićuje se od gibanja i mlatanja vode time, što živi skriven u pukotinama kamenja, iz kojih proviruje samo rašljastim rilom. U procijepima i pukotinama kamenja žive i brojni drugi oblici, kao sipunkuloid *Phascolion strombi*, koji rado bira za stanovanje kućice puževa ili cijevi poliheta, zatim brojni poliheti (*Hermione* i drugi). — Od moluska su značajne za epilition dagnja (*Mytilus galloprovincialis* i *M. minimus*), *Arca noae* i *Ostrea*. Prve dvije se pričvršćuju jakim bisusom, a *Ostrea* lijevom ljušturom. Puž *Vermetus* prirastao je donjim krajem svoje zavijene vapnenačke cijevi (sl. 93). Tunikati prirašćuju uz podlogu plaštem. Od usamljenih ascidija osobito su značajne za kamenito jadransko dno žućkastosmeđa ili modrikasta *Ascidia mamillata* (sl. 44) i tamnosmeđa *Cynthia dura*.

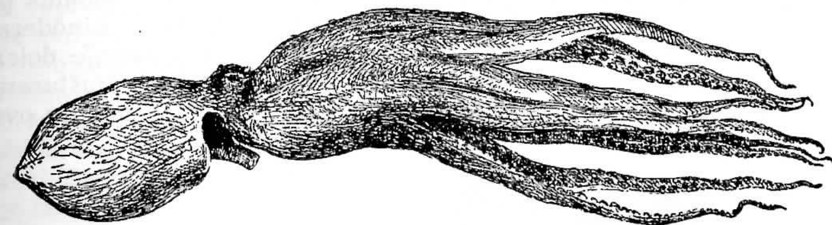


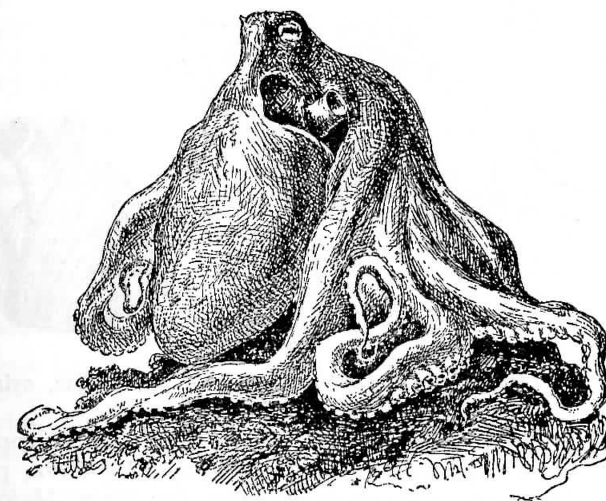
Sl. 94. — *Cynthia papillosa*, ½ nar. vel. (Aquar. neap.).

U epilitionu su naseljene i brojne vagilne vrste. Najznačajnije od njih pripadaju ehinodermima, rakovima, puževima, glavonošcima i ribama.

Ehinodermi se pričvršćuju privremeno na podlozi spomoću ambulakralnih nožica, koje su katkada na kraju razvile siske za prisisavanje. Od bodljara su u obalnom jadranskom epilitionu česti ježinci *Strongylocentrotus, Sphaerechinus* i *Arbacia*, zmijura *Ophiothrix fragilis*, morske zvijezde *Asterias glacialis* i kao cinober crvena *Echinaster sepositus*. Od rakova su pored euriecične obične rakovice (*Carcinus maenas*) osobito značajni jastog (*Homarus vulgaris*) i hlap ili rarog (*Palinurus vulgaris*), koji žive u pukotinama i šupljinama kamenja, a iz njih izlaze naročito podvečer, da potraže plijen, koji se sastoji najčešće iz školjaka i puževa. Na kamenju dolaze još i drugi raci kao *Maia*, koja se maskira komadićima bilja, spužava, polipa i t. d. To čini i *Dromia*, koja ima zadnje prsne noge udešene za trajno nošenje spužve. U supralitoralu živi izopodni račić *Ligia*. — Od puževa je u supralitoralu čest *Littorina*, koji može dulje vremena izdržati izvan vode, zaklonjen u pukotinama

i udubinama kamenja. U zoni oseke dolazi također *Trochus* i vrlo spljoštena *Patella*, koja se čini naročito dobro prilagođena hridinastoj podlozi. Trajno ispod vode ostaju *Haliotis* i *Fissurella*, goli *Doris* te plakoforni *Chiton*. Za kamenito područje je značajna i hobotnica (*Octopus vulgaris* sl. 95), kao i veći broj riba, među kojima naročito lubin (*Labrax lupus*), zubatac (*Dentex vulgaris*), kanjac (*Serranus cabrilla*), fratar (*Sargus*) i druge ribe iz porodica labrida i blenida.





Sl. 95. — Hobotnica (*Octopus vulgaris*) u času plivanja (gore) i počitka na kamenu (dolje). Aquar. Neapol.

Poseban biotop epilitiona tvore koraljni grebeni, o kojima vidi na str. 312.

Endolition se sastoji koje od biljaka, koje od životinja. Biljni pripadnici su endoliti. To su isključivo alge, i to napose cijanoficeje (rodovi *Hyella, Dalmatella, Solentia, Mastigocoleus* i drugi), a u manjoj mjeri zelene alge (*Telamia*). Zadiru ne samo u

vapnenačko kamenje, nego i u vapnenačke tvorbe organogenog porijekla, kao kućice mekušaca, vapnenačke cijevi crva cjevaša, inkrustacije vapnenačkih alga i t. d. Rasprostranjeni su poglavito u području plime i oseke, ali dolaze i u nižim stepenicama litorala. Najbolje su poznati s dalmatinske obale Jadrana, na kojoj čine osobitu i bogato razvijenu litofitsku biocenozu, koja znatno utječe na razaranje vapnenačke obale (E r c e g o v i ć 1932). — Životinje su u epilitionu zastupane samo manjim brojem oblika. Od njih su poznatiji oblici: spužve *Vioa* i *Clione*, školjke *Pholas*, *Lithodomus* (sl. 96), *Petricola*, *Saxicava* i *Venerupis*, crv *Polydora* i ehinodermi *Strongylocentrotus lividus* i *Echinus miliaris*. Ove životinje dolaze i u vapnenačkim tvorbama organogenog porijekla, tako u ljušturama moluska i skeletima koralja. Ima ih štaviše koje dolaze samo u ova-



Sl. 96. — *Lithodomus lithophagus* (prstić kamotočac, orig.).

kovim organogenim tvorbama, kao na pr. ciripedij *Alcippe lampas*. Neke životinje buše i proždiru drvo, kao trupla brodova, podmorske drvene građevine i time nanose čovjeku veliku štetu. Najopasniji su brodski crv (*Teredo*), školjka s vrlo zakržljalim ljušturama, koja svoje rovove u drvu oblaže vapnenačkom prevlakom, zatim amfipodi *Limnoria lignorum* i *Chelura terebrans*.

Malo šta sigurno znamo o tom, na koji način stanovnici endolitiona buše podlogu. Biljni endoliti, školjka *Lithodomus*, spužve *Vioa* i *Clione* čine to vjerojatno spomoću neke kiseline. Nasuprot tome *Strongylocentrotus*, *Pholas* i *Teredo* prave u podlozi bušotine mehaničkim putem, i to spomoću bodalja (*Strongylocentrotus*) ili fino zupčastih ili turpijastih naprava na ljušturama (*Pholas* i *Teredo*).

Na hridinasto dno se priključuje l j u š t u r n o, koje je jako rasprostranjeno u Jadranu. Pretežno hridinasti karakter ljušturnog dna očituje se i u sastavu naselja. I ovdje dolazi u povoljnim prilikama svijetla znatan broj viših alga, koje su prirasle uz kamenčiće, dijelove ljuštura i t. d. Naročito su značajne za takvo dno zelene sifonalne alge *Codium bursa* i *Valonia macrophysa*, smeđe *Arthrocladia villosa* i *Stilophora rhizodes* i brojne crvene, a naročito *Rytiphloea tinctoria*, *Vidalia volubilis* i *Phyllophora nervosa*, a pored njih niz vapnenačkih alga (*Lithophyllum* i *Lithothamnion*). Od životinja žive ovdje brojni oblici poznati već sa hridinaste obale, među kojima su osobito česte školjke *Ostrea* i *Arca noae*. Posljednja prirašćuje na stranim predmetima ili jedni individui na drugima spomoću bisusa i prave grudaste tvorbe. Česte su još morske zvijezde *Asterias* i *Echinaster*, ježinac *Sphaerechinus*, dekapodni raci *Maia* i *Pisa*, crv cjevaš *Serpula* s crvenim škržnim vijencem, goli puž *Doris*, sinascidije raznih boja, solitarne *Ascidia mamillata*, *Cynthia* i *Microcosmos*, mjehurasta i prozirna *Ciona intestinalis*. No pored spomenutih vrsta dolaze i neke, koje su značajne samo za ljušturno dno, tako rožani koralj *Eunicella*, veliki ježinac *Echinus melo* i trp *Cucumaria planci*, posljednji s dugim i kao stablo razgranjenim tentakulima, najzad brojni oblici mikrofaune.

Na naselje hridinasta dna priključuje se i f i t a l. Morske alge, kao u mediteranskim vodama naročito cistozire, čine relativno kompaktnu i čvrstu podlogu, koja je prikladna za prihvaćanje i privršćivanje drugih organizama. Zbog bogate razvedenosti njihove steljke i povoljnih uvjeta, koji tu vladaju (obilje kisika), mnoge životinje nalaze kod njih povoljne prilike za život. One se koriste tim prilikama i žive na tim organizmima ili u guštari njihovih steljki i tako tvore bogato naselje nazvano f i t a l (R e m a n e).

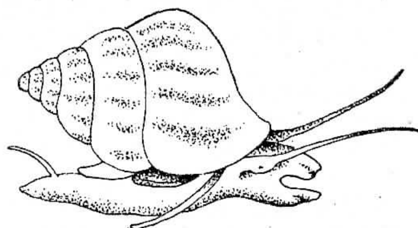
Životinje fitala nisu upućene na biljnu podlogu zbog hrane. Osim relativno manjeg broja pravih biljoždera (rak *Idothea*, ježinac *Echinus*) stanovnici fitala se hrane životinjskom hranom i organskim detritusom.

Obilježja su fitalne podloge kompaktnost i čvrstoća, velika morfologijska razvedenost i boje (crvena, smeđa ili zelena, već prema vrstama alga). Ta obilježja očituju se i u sastavu i građi faune fitala. U odnosu prema kompaktnosti i čvrstoći na fitalnoj podlozi razvijeni su u prvom redu sesilni oblici, i radi toga fauna fitala u mnogo čemu je srodna s faunom epilitiona.

U sesilnoj fauni fitala znatno sudjeluju foraminifere, malene spužve, hidroidi, briozoi, sesilni poliheti (*Spirorbis*) i ascidije. Neki od ovih oblika poput kore prekrivaju znatne dijelove podloge (na pr. briozoj *Membranipora*).

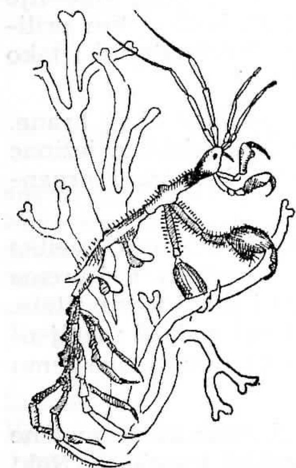
U odnosu prema kompaktnosti i čvrstoći za faunu fitala značajni su još oblici, koji se, u obrani protiv gibanja i udaranja vode, privremeno pričvršćuju uz podlogu (h a p t i č k i o b l i c i). To je pričvršćivanje katkada tako jako, da neke životinje fitala ne ostavljaju podlogu ni za jačeg udaranja i gibanja vode. Pričvršćivanje se vrši spomoću raznih prilagodbi. Neki nematodi se pričvršćuju spomoću posebnih cjevčica, a neki poliheti spomoću kožnih sekrecija. Brojni harpaktoidi i halakaridi čine to spomoću krajnjih članaka udova, a puževi spomoću stopala i kožnih sekrecija. Od bodljara *Antedon* se prihvaća spomoću cira, neki ofiuroidi spomoću »ručica«, a konjić *(Hippocampus)* stražnjim dijelom tijela.

Fauna fitala pokazuje naročito dva obilježja, koja se dovode u vezu s morfologijskom razvedenošću i bojom fitalne podloge. U odnosu prema velikoj razvedenosti stanovnici fitala pokazuju, u velikoj većini, malen stas, a katkada i pojave morfologijskog podudaranja s podlogom.



Sl. 97. — *Rissoa inconspicua* (prema M e y e r u i M ö b i u s u).

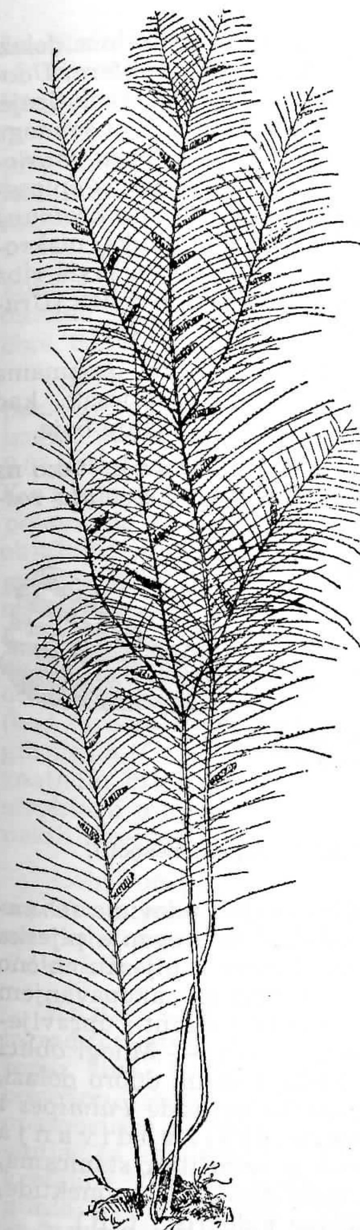
Različne grupe su zastupane u fitalu m a l e n i m o b l i c i m a. Dolaze niski oblici hidroida, briozoa i ascidija *(Botryllus)*, od crva poglavito maleni turbelariji, nematodi, rotatoriji i poliheti *(Spirorbis)*, od člankonožaca maleni amfipodi *(Gammarus)*, harpaktoidi, ostrakodi i halakaridi i od moluska maleni puževi *(Rissoidae*, sl. 97. i *Cerithiidae)*. — Pojave morfologijskog podudaranja (s i m o r f i z m a) pokazuju osobito pantopodi sa zakržljalim tijelom i neobično dugim udovima, pa kaprelide (sl. 98) s neobično uskim trupom i vitkim nogama. Ove posljednje je isto tako lako naći na kormima polipa i briozoa kao i granama alga.



Sl. 98. — *Caprella* (po B r e h m u).

U odnosu prema boji podloge znatan je broj izopodnih i amfipodnih rakova crven. U nekim slučajevima razne jedinke iste vrste pokazuju, prema boji podloge, na kojoj žive, različitu boju (p o l i h r o m a t i z a m).

Pojave polihromatizma dolaze kod nekih tunikata i kod brojnih vrsta rakova, tako kod roda *Idothea*, nekih kaprelida,



Sl. 99. — *Lytocarpia myriophyllum.* ½ nar. vel. (Aquar. neapol.).

mizida i dekapoda. Oblik *Hippolyte varians* pokazuje crvenu, zelenu, smeđu i druge boje prema osnovi na kojoj živi, a po noći, u tami, stalno zadržava prozirnu modru boju.

Među stanovnike fitala možemo ubrojiti i brojne manje alge, koje kao e p i f i t i žive na većim algama. Neke od njih dolaze samo na stalnim vrstama, na pr. *Ectocarpus paradoxus* na vrsti *Cystoseira mediterranea*, a drugi ne biraju podloge. Razlog ovom različitom vladanju nije poznat.

Ima alga, kao na pr. vrste iz roda *Cystoseira*, koje podržavaju bogato naselje epifita, dok neke druge, kao na pr. *Dictyopteris*, gotovo su slobodne od njih. I ovoj pojavi nisu poznati razlozi.

Fital mediteranskih (i jadranskih) voda razvijen je naročito u području naselja raznih vrsta cistozire. No biologijski odnosi u tom fitalu još su neistraženi.

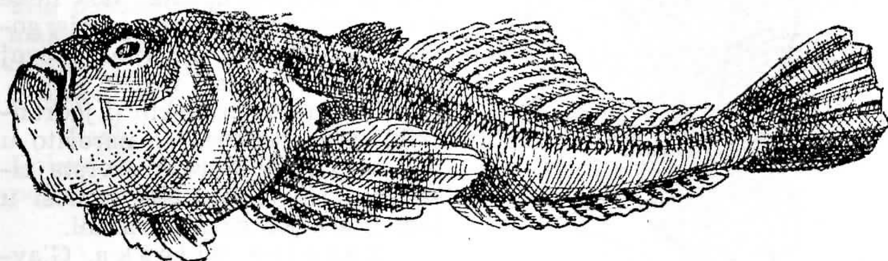
N a s e l j e p i j e s k a. Glavno obilježje pijeska je pokretljivost i rahlost čestica, između kojih dolaze veći li manji intersticijarni prostori (šupljinice). Te osobine pijeska omogućuju tri strukturna područja za stanovanje: površinu, intersticijarne, a napokon i veće prostore, koji nastaju pomicanjem pijeska. Naselje pijeska sastoji se prema tome od tri dijela: epipsamona, mezopsamona i endopsamona (R e m a n e).

E p i p s a m o n obuhvaća dosta široko naselje na površini pijeska. Budući da su čestice pijeska lako pokretljive, ne pružaju dovoljno čvrstu podlogu višim algama i sesilnim životinjama, te su one

tu slabo zastupane. Tek na zaklonjenim i mirnim mjestima dolazi nešto bogatije naselje alga. Češći su oblici *Caulerpa prolifera, Udotea desfontaini, Halimeda tuna, Gelidium crinale* i neke cijanoficeje. Od sesilnih životinja na pijesku dolaze samo neki oblici, koji se mogu pričvrstiti spomoću korenolikih tvorba (hidroid *Lytocarpia myriophyllum*, sl. 99, briozoj *Cellaria fistulosa*). Umjesto sesilnih za epipsamon značajni su vagilni oblici. Među njima prevladava mikrofauna (osobito ostrakodi i kopepodi), ali ima i značajnih oblika makrofaune, kao što su obična rakovica *(Carcinus maenas)*, više vrsta riba kao glamac *(Gobius minutus)*, pauk *(Trachinus draco)*, bežmek *(Uranoscopus scaber)*, rod raža *(Raia)*, neke pleuronektide i t. d.

Stanovnici epipsamona pokazuju, u odnosu prema osobinama sredine, neka obilježja. Ta su: naglo zakopavanje u pijesak, kad nastane potreba, spljošten (depresivni) oblik i prilagođivanje boja.

Mnoge se vrste mogu naglo z a k o p a t i u p i j e s a k, tako na pr. izopod *Eurydice pulchra* i poznat acelni turbelar *Convoluta ros-*



Sl. 100. — *Uranoscopus scaber* (precrtano iz Aquar. neapol.).

coffensis. Raci se pri tome pomažu naročito svojim udovima *(Crangon, Carcinus)*, koji su katkada shodno udešeni za kopanje pijeska *(Callianassa* ima lopataste škare). Neke ribe borave u pijesku obično preko dana, a podvečer izlaze za plijenom. U vezi sa zakopavanjem kod nekih su se od njih oči pomakle prema leđnoj strani i upravljene su prema gore *(Trachinus, Uranoscopus*, sl. 100). — Mnogi oblici na pijesku imaju s p l j o š t e n o b l i k tijela, i on im dobro dolazi, jer otežava upadanje u mekan pijesak (morske zvijezde *Palmipes* i *Astropecten*, ribe pleuronektide). — Pojava p r i l a g o đ i v a n j a b o j a, koja zavisi od pomicanja pigmenta u naročitim stanicama, hromatoforima, dolazi kod brojnih oblika makrofaune (pleuronektide, *Crangon crangon, Eurydice pulchra, Octopus vulgaris* i t. d.).

M e z o p s a m o n obuhvaća vrste, koje žive u šupljinicama između pješčanih zrna (intersticijarni prostori). Budući da su te

šupljinice malene, u njima mogu živjeti samo maleni oblici. Stoga je za mezopsamon značajna mikrofauna, a ona se sastoji od velikog broja vrsta.

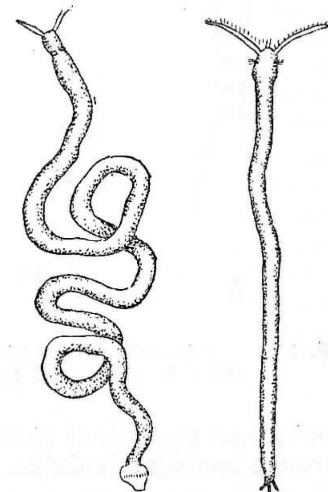
Prilike su bolje istražene u Sjevernom i Baltičkom moru. Od praživotinja dolaze brojne foraminifere i cilijati, od crva neki turbelariji, nemertini i osobito arhianelidi *(Polygordius, Protodrilus)*, a od rakova kopepodi i ostrakodi.

Stanovnici mezopsamona pokazuju neke morfologijske osobine, koje, kako se čini, stoje u odnosu prema osobinama sredine. Te su osobine: mala tjelesna veličina, stalna korelacija između oblika i veličine, donekle sličnost sa spiljskom faunom i nestašica sesilnih oblika.

Kako stanovnici mezopsamona imaju m a l e n u v e l i č i n u, pokazuje primjer kopepoda Kielskog zaliva, kojih prosječna veličina iznosi: kod stanovnika pijeska 0.51 mm, kod stanovnika mekog dna 0.83 mm, a kod stanovnika pelagijala 1.39 mm (G e s s n e r 1940). — K o r e l a c i j a i z m e đ u o b l i k a i v e l i č i n e očituje se u pojavi, da su manji oblici relativno širi, a veći dulji. Pojava se objašnjuje time, što maleni intersticijarni prostori pijeska postavljaju granice širini, ali ne dužini oblika. Stoga nije bez razloga, da su za mezopsamon značajni vitki arhianelidi P o l y g o r d i u s i P r o t o d r i l u s (sl. 101) kao i neki crvoliko izduženi kopepodi. — S l i č n o s t s a s p i l j s k o m f a u n o m očituje se u velikom broju slijepih vrsta (kod turbelarija oko 50%), u tvorbi dugih ticala *(Gastrotricha, Protodrilus)* i u znatnom broju bezbojnih oblika. Kako struktura pijeska utječe na oblik tijela nekih kopepoda, pokazuje slika 102.

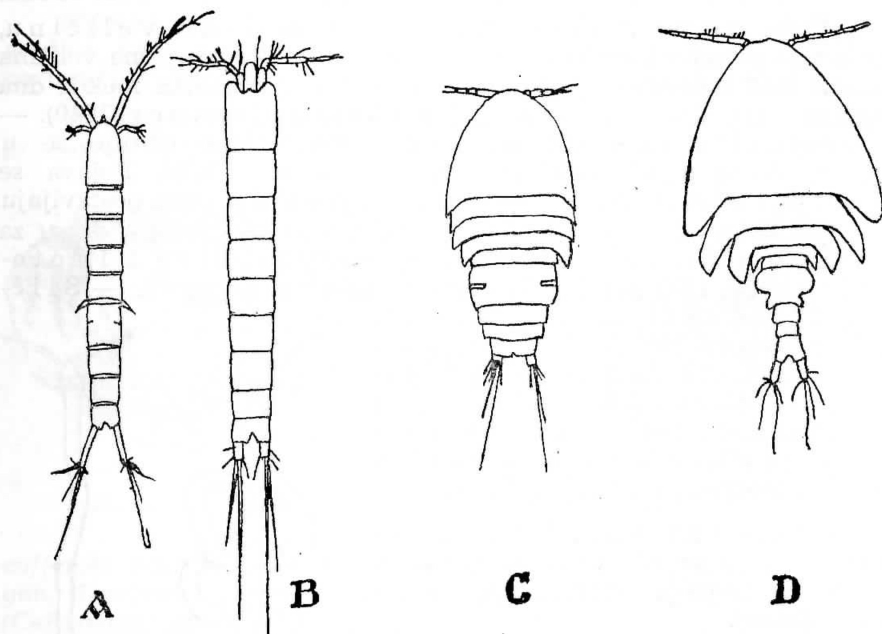
S obzirom na način gibanja, za mezopsamon je najviše značajno puzanje spomoću trepalja (turbelariji, anelid *Protodrilus*).

E n d o p s a m o n tvore vrste, što izgrađuju prostorije u pijesku, u kojemu žive. Iz tih prostorija izlaze na površinu, samo kad hoće da izbjegnu opasnostima ili zbog potreba umnožavanja. Za endopsamon je značajna makrofauna. Tu ima cjevaša, ležača i vagilnih vrsta. Tipični i česti cjevaš je anelid *Arenicola piscatorum*, čije prisustvo je obilježeno ljevkastim udubinama, uz koje se nalazi po jedna značajna



Sl. 101. — Lijevo: *Polygordius lacteus*, dulj. 4 do 10 cm (F r a i p o n t). Desno: *Protodrilus purpureus*, dulj. 8 do 15 mm (P i e r a n t o n i).

hrpica izmetina. U cijevima žive i gutaju pijesak s detritusom nečlankoviti anelid *Sipunculus nudus,* iregularni ježinac *Echinocardium mediterraneum* (sl. 103), i enteropneust *Balanoglossus,* koji pravi značajne hrpice izmetina kao i *Arenicola* i može se s obzirom na način života porediti s običnom gujavicom *(Lumbricus).* U cijevima živi i amfipod *Corophium volutator,* školjka *Solen vagina* (sl. 104) i kukac *Bledius arenarius.* Nepomično u pijesku leže i brojne školjke kao *Cardium edule, Mya arenaria, Venus gallina, Pectunculus nudus* i druge, amfipod *Bathyporeia* i *Branchiostoma.* Od vagilnih oblika u pijesku se veru polihet *Scoloplos,* puž *Natica,* a deka-

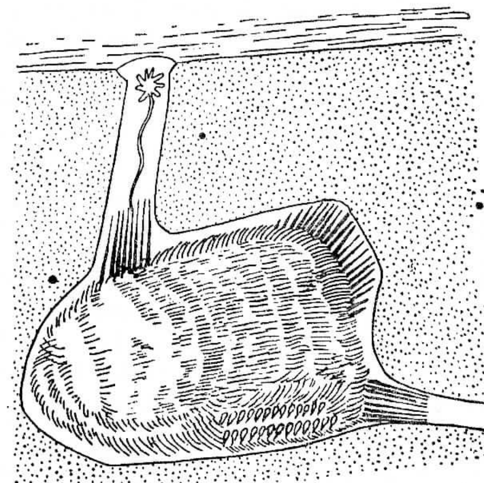


Sl. 102. — Odnos između oblika tijela i podloge kod kopepoda. A i B produljeni oblici iz pijeska, C i D široki oblici fitala (po R e m a n e-u).

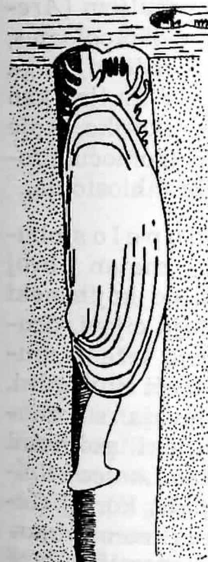
podni raci *Upogebia* i *Callianassa subterranea* izgrađuju u zoni plime i oseke značajne hodnike.

N a s e l j e m u l j a. Glavna obilježja mulja su mekoća i rahlost čestica, među kojima nema znatnijih intersticijarnih prostora. Zbog toga mulj ima samo dva strukturna okružja za stanovanje: površinu i veće prostore, koji nastaju pomicanjem čestica. Stoga se naselje mulja sastoji iz dva dijela: epipelosa i endopelosa (R e m a n e).

E p i p e l o s obuhvaća životinje na površini muljevita dna. Mekani mulj omogućuje samo malenom broju vrsta sesilan način života. Takvi su oblici neki oktokoralji, kao *Alcyonium, Pennatula* i *Pterodes,* koji su donjim krajem svog »drška« zakopani u muljevito dno. Spomoću sistema korijenja pričvršćuju se krinoid *Rhizocrinus,* spužva *Thenea* i hidroidni polip *Corymorpha.* Epipelos sadržava i manji broj hemisesilnih oblika, među kojima su najznačajnije neke foraminifere, trpovi *Holothuria tubulosa, Synapta digitata* i *Stichopus regalis,* koji svi proždiru mulj, a s njime i organske čestice u raspadanju. No u tom području najviše prevlađuju vagilni oblici, koji se na površini giblju poglavito puzanjem ili hodanjem (trčanjem). Među tim oblicima osobito su brojne morske zvijezde, dekapodni rakovi i ribe.



Sl. 103. — *Echinocardium caudatum* zakopan u pijesku. (Prema U e x k ü l l u).

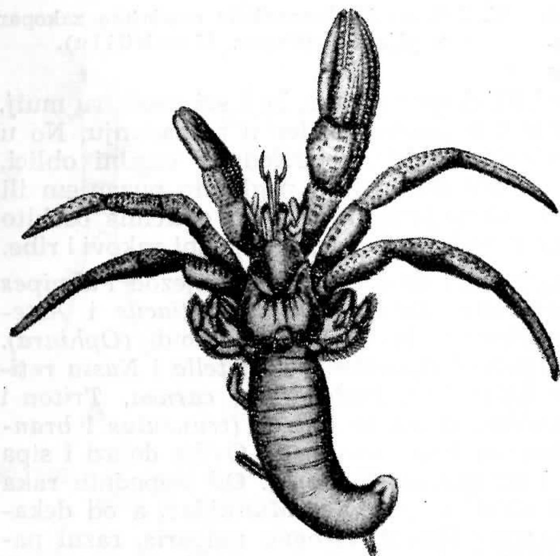


Sl. 104. — *Solen pellucidus* u pijesku. (M e y e r i M ö b i u s).

U epipelosu dolaze morske zvijezde *Palmipes membranaceus, Astropecten aurantiacus* i *Asterias tenuispina,* kao i neki ofiuroidi *(Ophiura).* Česti su puževi *Aporrhais, Turritella* i *Nassa reticulata* s hidroidom *Podocoryne carnea, Triton* i veliki *Dolium galea* te *Murex (trunculus* i *brandaris),* koji se hrani strvinom. Ovdje dolazi i sipa *(Sepia)* i muzgavac *(Eledone).* Od izopodnih raka češći su oblici iz porodice *Munnidae,* a od dekapoda *Dorippe lanata, Dromia vulgaris,* razni paguridi (sl. 105) kao *Eupagurus pridauxi* (u zajednici sa spužvom *Suberites domuncula), Paguristes maculatus* (u kućici *Murexa* s moruzgom *Adamsia rondeleti), Portunus depurator,* koji se hrani obično strvinom. Značajan je za muljevito dno sjevernog Jadrana škamp (*Nephrops norvegicus*), koji po danu ostaje zakopan u mulju kao i *Squilla mantis.* Od riba su značajnije trlja batoglavica

(*Mullus barbatus*), kovač (*Zeus faber*), grdobina (*Lophius piscatorius*), drhtulja (*Torpedo marmorata*), žutulja (*Trygon pastinaca*), rod raža (*Raia*), oslić (*Merluccius vulgaris*) i drugi gadidi (*G. euxinus, G. minutus*), neke plosnatice, kao oblici rodova *Solea, Rhombus* i *Platessa,* koji se sa svojim morfologijskim prilagodbama pokazuju kao najtipičnije bentoske ribe.

Oblici epipelosa pokazuju neke morfologijske i biologijske osobine, koje su u značajnom odnosu prema muljevitoj sredini. Morfologijske osobine su: spljošten (depresioni) oblik *(Palmipes,* ostrakodi, ribe *Torpedo* i *Lophius)* i dugi udovi (sl. 106), katkada nalik na paukove (odatle imena: *Pseudarachne, Iliarachne*), na pr. kod roda *Munna* (sl. 107). Obje ove osobine imaju isti smisao: prenošenje tjelesne težine na što veću plohu i sprečavanje upadanja u mulj. — Biologijske osobine su: kretanje s mjesta napose koračanjem i hranjenje pretežno detritusom. Čini se, da mulj ne prija gibanju spomoću trepalja, pa su stoga trepljavi oblici ovdje mnogo rjeđi (cilijati, rotatoriji, turbelariji i gastrotrihi). Većina stanovnika mulja uzima detritus, i to zajedno s muljem (*Arenicola, Balanoglossus, Echinocardium)* ili ga izbiru iz mulja, kao mnoge školjke, koje to čine spomoću sifona, i branhiostoma.



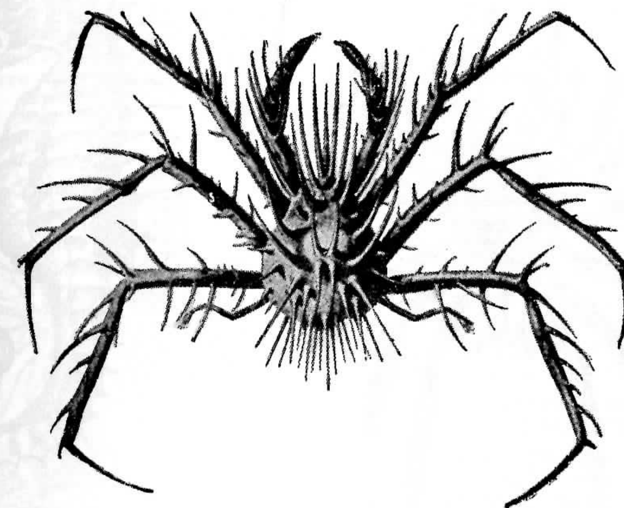
Sl. 105. — *Eupagurus bernhardus,* ⅔ nar. vel. (Règne animal).

E n d o p e l o s obuhvaća znatan broj oblika, od kojih neki izgrađuju cijevi, drugi mirno leže u mulju, a treći su vagilni. Od cjevaša su značajni neki polihetni crvi, kao *Lanice* i *Spirographis*, koralj *Cerianthus membranaceus,* amfipod *Haploox tubicola* i školjka *Solecurtus.* Nepomično leže zakopani u mulju neki oblici rodova *Amphiura* i *Holothuria,* ehiuroid *Talassema gigas* i školjka *Pecten varians.* — Od vagilnih vrsta, koje ruju ispod površine mulja, dolaze brojni oblici mikrofaune

(nematodi, ostrakodi, kopepodi i t. d.), a od makrofaune neki poliheti kao *Aphrodite aculeata* i *Capitella capitata,* najzad puževi *Acera* i *Philine.*

N a s e l j e m o r s k i h t r a v a. Ono se sastoji iz organizama, koji su naseljeni ili na rizomima, lišću i stablima morskih cvjetnica, naročito rodova *Posidonia* i *Zostera,* ili na morskom dnu između ovih biljaka. Prvi dio naselja podsjeća sastavom i građom na naselja hridinasta tla i fitala, a drugi na naselja pijeska i mulja.

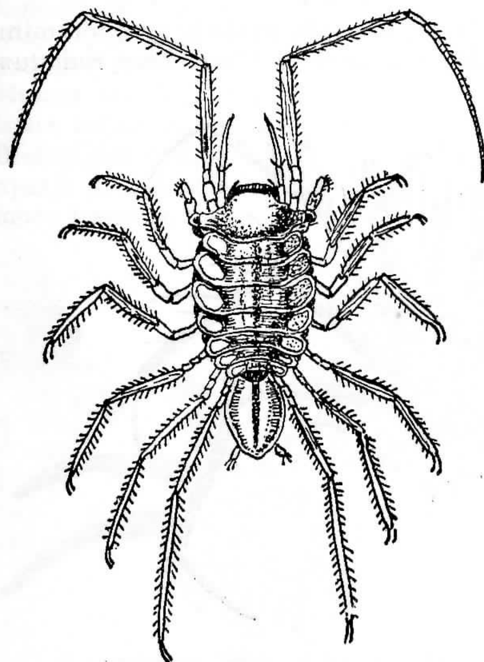
Na lišću živi bogata mikrofauna, koja obuhvaća brojne foraminifere, neke cilijate i hidroide. Malena meduza *Cladonema radiatum*



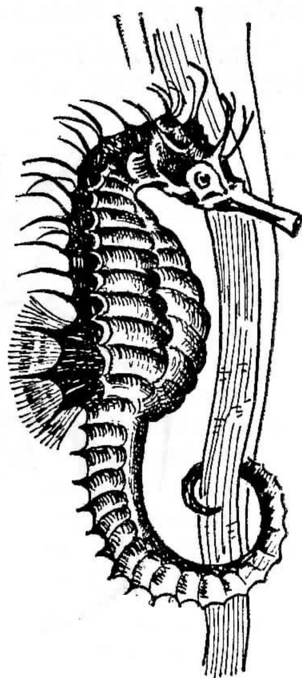
Sl. 106. — *Neolithes Grimaldi,* dekapod sa dubokomorskog mulja. (Guide ill. Musée Monaco).

učvršćuje se ili puzi po lišću spomoću razgranjenih lovaka. Neki oblici ostaju stalno pričvršćeni, kao ascidije, na pr. prozirna *Ciona intestinalis,* dok se drugi penju, veru ili plivaju u guštari lišća. Živahno se ovdje kreću naročito raci iz raznih grupa: kopepodi, shizopodi *(Mysis oculata* i drugi iz grupe mizida), izopodi *(Idothea)* i naročito neki manji dekapodi *(Virbius, Inachus* i *Stenorhynchus),* koji svojim malim truplom i dugim udovima sjećaju na paukove. U guštari morskih trava pliva i znatan broj riba, od kojih su naročito značajne *Nerophis, Syngnathus i Hippocampus* (sl. 108), a pored ovih i veći broj drugih iz porodica *Sparidae* i *Labridae.* U proljeće dolaze

ovamo iz dubljih voda na mriješćenje sipe, a u sjeveroevropskim morima pelagičke haringe, koje polažu na zosterinu lišću svoj mrijest. Na samom dnu među morskim travama dolazi znatan broj sesilnih oblika. To su u prvom redu spužve *Spongelia* i *Oscarella*, koralj *Cerianthus*, koji je svojom cijevi duboko zakopan u morskom dnu (sl. 109). U hitinskoj cijevi, koja je prirasla na dnu, živi polihet *Spirographis spalanzani* sa spiralnim škržnim vijencem, koji se može



Sl. 107. — *Munna limicola*, ženka (Po A. Sarsu).



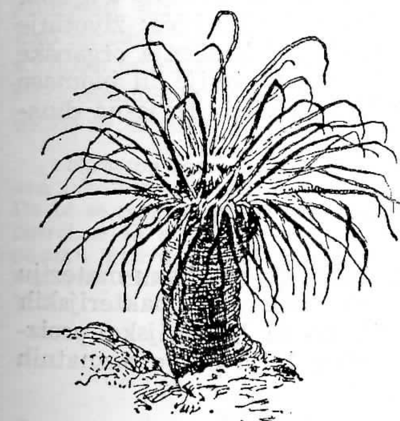
Sl. 108. — *Hippocampus* (Prema Girometti: Život našeg Jadrana).

naglo uvući u cijev. U morskom dnu je usađena i spomoću bisusa učvršćena lošćura *(Pinna nobilis)*, katkada preko pola metra duga, u kojoj se može češće naći kao komensal na škrgama račić *Pinnotheres*. Ovdje dolaze češće školjke *Pecten jacobaeus* i *P. glaber*, prvi sa nesimetričnim, a drugi sa simetričnim ljušturama. Nisu rijetki ni puževi *Aplysia* i *Murex*, koji dolaze zbog polaganja jaja. Od riba žive na dnu naročito škrpun *(Scorpaena porcus)*, glamac *(Gobius)* i babica *(Blennius)*.

Od riba, koje dolaze u naselju morskih trava, ističu se napose one iz porodice labrida, koje se odlikuju živim bojama, među kojima je najčešća zelena. Naročito su brojne vrste iz rodova *Labrus*, *Crenilabrus* i *Julis*.

Naselje podmorskih livada je rasprostranjeno uzduž istočnih obala Jadrana i dolazi naročito u zaštićenim uvalama, gdje je voda malo duboka, a dno je pjeskovito i od česti muljevito, a katkada i skoro sasvim muljevito (u lagunama). Plitka voda i zbog toga obilje svjetla, zaštićenost kao i znatna količina organske hrane u obliku detritusa na dnu čine, da je naselje morskih cvjetnica jedna od najbogatijih biocenoza mora.

Od svih cvjetnica, koje sudjeluju u tvorbi podmorskih livada uzduž istočne obale Jadrana, prvo mjesto zauzima posidonija *(Posidonia caulini)*, koja se razlikuje od zostere naročito svojim dužim (do preko jednog metra), širim (do 1 cm) i sjajnozelenim lišćem. Biljka je trajna, jer ima podzemno stablo (rizom), koje može preživjeti više zima, dok lišće u ljetu ugiba i otpada. Novo lišće počinje tjerati već ujesen, i svako stablo daje 6—7 mladih listova. Vodeći računa o naseljenosti zostere, koja u sjevernijim morima zamjenjuje posidoniju, i o broju lišća na svakom stablu Petersen je računao, da ona proizvodi godišnje u samim danskim vodama četiri puta više organske materije, nego se proizvodi godišnje sijena u čitavoj Danskoj. Iz toga je očito, da su morske trave vrlo važan izvor hrane morskih organizama.



Sl. 109. — *Cerianthus membranaceus*, ¼ nar. vel. (Aquar. neapol.).

Literatura:

CORI J. C. (1928), Der Naturfreund am Meeresstrande. Leipzig-Wien. — ERCEGOVIĆ A. (1932), Ekološke i sociološke studije o litofitskim cijanoficejama sa jugoslavenske obale Jadrana. Rad Jugoslavenske akademije Zagreb, knjiga 244. — FELDMANN J. (1938), Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. Rev. algol. t. X, 1—4. — GIROMETTA U. (1933), Život našeg Jadrana, Split. — ISSEL R. (1918), Biologia marina, Milano. — NADSON G. (1927), Sur les algues perforantes de la Mer Noire. C. R. Acad. scienc.. Paris, 184. — REMANE A. (1940), Einführung in die zoologische Ökologie. Die Tierwelt der Nord- und Ostsee, Bd I. — STEUER A. (1910), Biologisches Skizzenbuch für die Adria, Berlin. — ZEI M. i ZHANĚL J. (1947), Življenje našega Jadrana, Ljubljana.

Četvrto poglavlje:

PROIZVODNJA I PROMET ORGANSKE MATERIJE U MORU

Gotova sva organska materija, iz koje su morski organizmi izgrađeni, proizvodi se u moru životnim procesima biljaka kao autotrofnih bića. Proizvedena organska materija ne ostaje trajno u njima, nego iz njih prelazi putem hranidbe u heterotrofna bića: životinje i većinu bakterija. Posljedica je te proizvodnje i kruženja organske materije postojanje stanovite količine životne materije ili biomase sastavljene od različitih dijelova, među kojima vlada izvjesna dinamička ravnoteža.

PROIZVODNJA ORGANSKE MATERIJE U MORU

Kako na kopnu i u slatkoj vodi, tako i u moru organsku materiju proizvode uglavnom autotrofne biljke. Tek malen broj bakterijskih vrsta sudjeluju u primarnoj proizvodnji, no ta bakterijska proizvodnja je u poredbi s proizvodnjom morskog bilja posve neznatnih razmjera.

Među takva autotrofna bića ubrajamo na pr. nitrifikacijske i sumporne bakterije. I jedne i druge asimiliraju ugljični dioksid, a za to upotrebljavaju energiju, koju dobivaju kemijskim putem (kemosinteza), i to oksidacijom amonijaka do nitrita (nitrifikacijske) i nitrata (nitrofikacijske bakterije, str. 201) ili oksidacijom sumporovodika (H_2S) i sumpora, koja se vrši životnim procesima sumpornih bakterija (*Thiobacteria*, kao *Beggiatoa*, *Thiothrix* i druge). Sumporne bakterije oksidiraju sumporovodik, koji je nastao rastvaranjem bjelančevina ili redukcijom sulfata preko drugih bakterija, do sulfata, i to u dvije faze. U prvoj se sumporovodik reducira do sumpora po formuli: $2H_2S + O_2 \rightarrow 2H_2O + S_2 +$ kal. i sumpor se taloži u stanicama. U drugoj se fazi sumpor oksidira do sulfata prema shemi: $2H_2O + S_2 + 3O_2 \rightarrow 2H_2SO_4 +$ kal. Ovako nastala sumporna kiselina neutralizira se spomoću karbonata u sulfate. Taloženje sumpora u stanicama bakterija traje, sve dok u okolnoj vodi ima sumporovodika. Kad njega nestane, sumpor se oksidira u sulfat, a kad i sumpora nestane, bakterije ugibaju.

U proizvodnji mora sudjeluju, dakako, planktonske kao i bentoske biljke. No s obzirom na mnogo veću masu fitoplanktona, njegova je proizvodnja kud i kamo veća i za život mora mnogo važnija od proizvodnje fitobentosa. Problemi istraživanja kreću se poglavito oko određivanja uvjeta i faktora proizvodnje.

Uvjeti proizvodnje

Uvjeti proizvodnje su koje materijalni, a koje energetski.

Materijalni uvjeti proizvodnje su neki kemijski elementi, koji su potrebni bilo stoga, što sami neposredno sudjeluju kao sastavni dijelovi u građi organske tvari, ili stoga, što je samo njihovo prisustvo potrebno, a sami ne sudjeluju direktno u izgradnji. Neophodnost pojedinih elemenata za asimilaciju i rast morskih alga može se ustanoviti spomoću kultura u vještačkoj morskoj vodi.

Naravna morska voda sadržava najveći broj poznatih elemenata, ako ne sve, iako neke od njih samo u tragovima, koje katkada nije moguće ni mjeriti. Da bi se moglo odrediti značenje svakog pojedinog elementa za ishranu bilja, potrebne su kulture u vještačkoj morskoj vodi, a njen nam je sastav točno poznat. Takvu vještačku morsku vodu dobivamo po Allenu (1914), ako u kemijski čistoj (u staklu predestiliranoj) vodi otopimo ove (kemijski čiste) soli:

Na Cl	28.13 gr
KCl	0.77 gr
Ca Cl_2	1.20 gr
Mg Cl_2	2.55 gr
Mg SO_4	3.50 gr
Na HCO_3	0.11 gr
KJ i KBr u tragovima	
H_2O do 1000 gr	

Vještačka morska voda po Lymanu i Flemingu (1940), koja sadržava u sebi sve veće komponente (str. 23) i čiji je iznos Cl = 19.00, a S = 34.5, pripravlja se iz slijedećih soli:

NaCl	23.477 gr	KCl	0.664 gr	H_3BO_3 . . .	0.026 gr
$MgCl_2$ . . .	4.981 „	$NaHCO_3$ . . .	0.192 „	$SrCl_2$	0.024 „
Na_2SO_4 . . .	3.917 „	KBr	0.096 „	NaFl	0.003 „
$CaCl_2$ . . .	1.102 „			H_2O bis d. do	1.000 „

Za rast morskih alga potrebni su, uglavnom, isti elementi kao i za rast višeg bilja. To su: vodik, kisik, ugljik, dušik, kalij, kalcij,

magnezij, željezo, sumpor i fosfor. Dijatomejama, koje čine jedan od bitnih dijelova fitoplanktona, treba za rast još natrija i silicija. — Prema novijim istraživanjima, višim biljkama treba za pravilan razvitak još nekih drugih elemenata. Tako se pokazuje kao prijeko potreban mangan, iako samo u tragovima. Slično vrijedi i za bor, a vjerojatno i za još neke, kao cink i bakar, koji su potrebni za pravilan razvitak gljiva, ali i višeg bilja. Nije sigurno, da li su ovi elementi prijeko potrebni i za razvitak morskih alga. Iz nedavnih istraživanja proizlazi, da je za rast bar nekih planktonskih dijatomeja potreban mangan (H a r v e y 1939, 1947), no koju ulogu vrši taj elemenat u njihovoj ishrani, nije poznato.

Pored navedenih, morske alge sadržavaju po jedan ili više drugih elemenata, od kojih neke gomilaju u znatnim množinama. To vrijedi osobito za brom i jod, a naročito za jod, koji katkada tvori, tako u talusima nekih laminarija *(Laminaria, Nereocystis, Macrocystis)* oko 1% svježe tjelesne težine (D a n g e a r d P.), pa ga spomenute biljke u nekim slučajevima izlučuju na površini talusa u obliku jodida (jodovolatizacija, D a n g e a r d). Koja je uloga joda u životnim procesima alga, i da li je on prijeko potreban za njihov razvitak, nije do danas utvrđeno.

Od elemenata, koji su neophodni za pravilan rast i razvitak alga, osobitu pažnju zaslužuju ugljik, fosfor i dušik (azot), i to naročito stoga, što oni neposredno sudjeluju kao sastavni dijelovi organske građe živih bića. Odnosi među količinama ugljika, dušika i fosfora, t. j. C : N : P u planktonskim tjelesima — uzimaju se srednje vrijednosti, koje vrijede za miješani plankton — glase kao 41 : 7.2 : 1 (F l e m i n g). Stoga na svaki miligram fosfora, što ga planktonske biljke troše za izgradnju svojih tjelesa, upotrebljavaju 7.2 mg dušika i 76 cm³ ugljičnog dioksida, a oslobađaju jednaku množinu kisika. Ovaj približno stalan odnos dušika i fosfora u planktonskim tjelesima očito je u vezi s također približno stalnim odnosom tih elemenata u morskoj vodi. — U g l j i k je, pored vode, najosnovniji elemenat biljne hrane, jer služi kao neposredna građa za tvorbu prvih organskih spojeva, koji nastaju u biljnim stanicama, te služi za tvorbu i ostalih ugljikohidrata, masti i bjelančevina. Ugljik dolazi u moru manjim dijelom u obliku slobodnog plina ugljičnog dioksida, a mnogo većim u obliku karbonatnih i bikarbonatnih iona (str. 31). Morske alge mogu da iskorišćuju ne samo slobodni ugljični dioksid, nego također i ugljični dioksid karbonata i bikarbonata, iz kojih se oslobađa CO_2 za asimilaciju. Na taj način morskim biljkama stoje na raspolaganju mnogo bogatiji izvori ugljičnog dioksida nego biljkama kopna, i u tom pogledu su one u znatno boljim prilikama. — F o s f o r je u ishrani bilja nenadoknadiv, jer sudjeluje u tvorbi nekih lipoida (grupa fosfatida) i nekih proteida (nukleoproteidi). Izvor

fosfora, koji se može iskoristiti, samo su soli fosforne kiseline (fosfati). Moguće je, da planktonske biljke mogu iskorišćivati fosfor iz organskih otopina u moru, kao na pr. dijatomeja *Nitzschia closterium,* koja je u kulturi bez bakterija pokrivala sve potrebe fosfora iz fitina i glicerofosfata (C h u) i kao neke cvjetnjače, koje mogu iskorišćivati korijenjem otopljeni fitin i lecitin (R o g e r s, P e a r s o n i P i e r r e). Premda je fosfor nenaknadiv, morske alge sadržavaju u svom tijelu samo vrlo malene množine ovog elementa (tablica 23).

Tablica 23

Ime biljke	1 mg nitrata sadržan je u stanica	jedan mg fosfata sadrž. je u stanica	autor
Carteria sp.	156,000.000	232,558.140	Schreiber 1927
Biddulphia mobiliensis	3,764.706	—	" "
Chlamydomonas	335,571.141	1020,408.163	Braarud i Föin 1931
Nitzschia closterium	—	892,857.143	Atkins 1923

Dovoljno je dodati u 1000 litara morske vode samo jedan miligram fosfata, da broj planktonskih biljčica u svakom kub. centimetru poraste od jedne na nekoliko stotina.

Prema H a r v e y u (1928) morske dijatomeje mogu djelomično nadomjestiti fosfate kemijski srodnim arsenatima, kao što je to ustanovljeno i za neke slatkovodne alge (A t k i n s i W i l s o n).

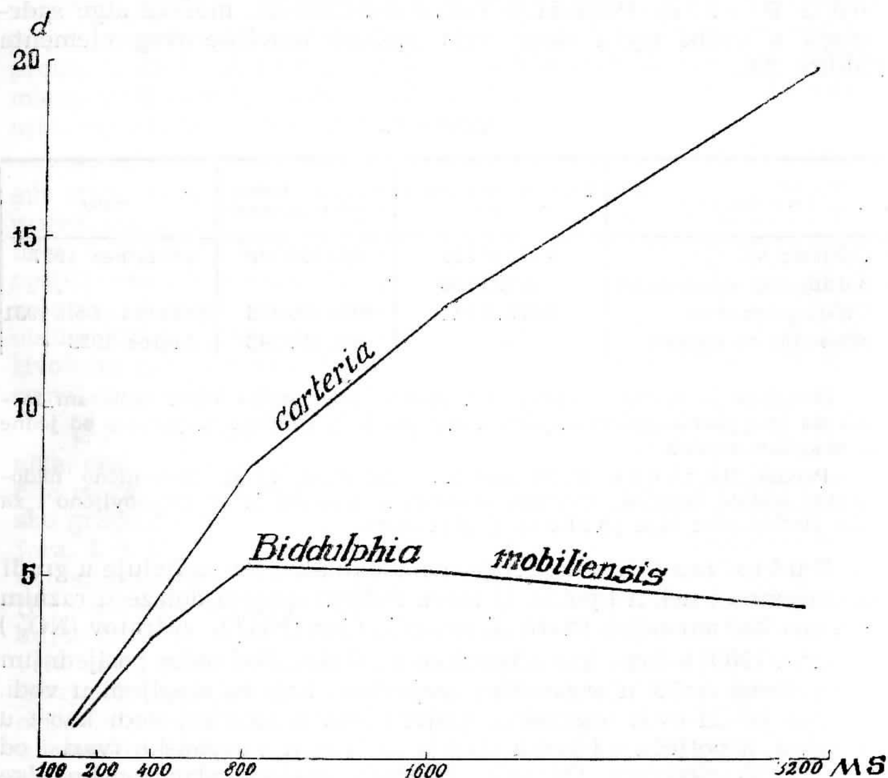
D u š i k (azot, N) također je nenadoknadiv, jer sudjeluje u građi bjelančevina i nekih lipoida. U moru dušični spojevi dolaze u raznim oblicima kao amonijak (NH_3) ili amonijev ion (NH_4^+), nitratov (NO_3^-) i nitritov (NO_2^-) ion i kao albuminoidni dušik. Pod ovim posljednjim obuhvaćamo dušik u organskim spojevima, koji su otopljeni u vodi. Sigurno je, da ovih organskih spojeva ima u morskoj vodi kao i u jezerskoj, a potječu od prvih stadija rastvaranja organske tvari i od životinjskih ekskreta. Od svih dušičnih spojeva planktonske alge prvenstveno iskorišćuju nitrat, a i amonijeve spojeve.

Chlamydomonas i *Carteria* trošile su u kulturi najprije nitrate, a istom poslije njihova iscrpljivanja amonijeve soli (G r a n). Druge planktonske alge, kao *Skeletonema, Ditylum, Chaetoceras* i t. d., prvenstveno troše amonijeve spojeve, a istom kasnije nitrate, iako su ovi u mnogo većim koncentracijama (H a r v e y).

Čini se, da neke od planktonskih alga mogu iskorišćivati i organske spojeve dušika kao na pr. mokraćevinu i glikokol. Neke druge opet organske kiseline mogu iskorišćivati i indirektno, t. j. u zajednici s bakterijama, koje prethodno cijepaju te spojeve i oslobađaju dušik. Pri iskorišćivanju organskih spojeva alge rastu sporije.

Za porast iste mase fitoplanktona potrebno je 9—10 puta više dušika nego fosfora (H a r v e y 1940).

Prema mišljenju nekih istraživača morske alge se mogu koristiti i elementarnim dušikom, no to se mišljenje nije moglo potvrditi. Vjerojatnije je, da neke mogu iskorišćivati slobodni dušik samo posredstvom bakterija, koje s njima žive u zajednici. Da li i u kojem opsegu dolazi do sudjelovanja bakterija, koje tvore nitrate, u hranidbi morskih alga, nije nam poznato.



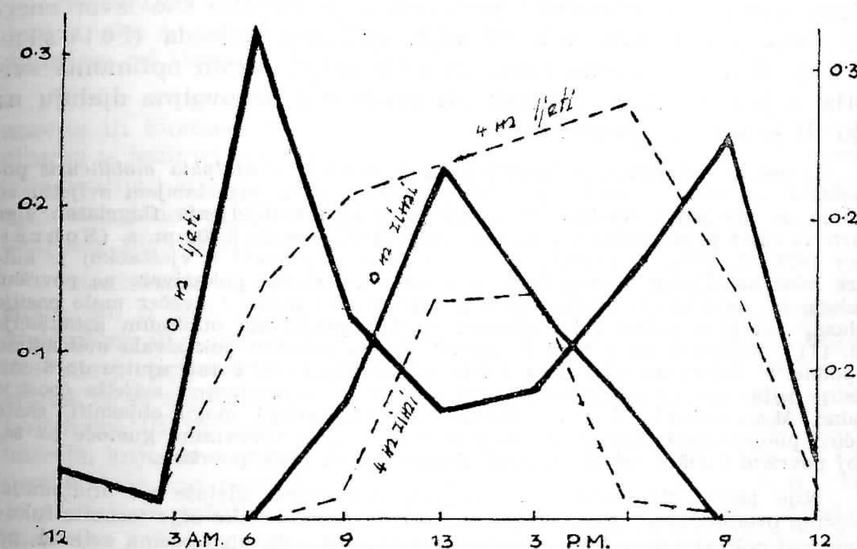
Sl. 110. — **Umnažanje vrsta *Bidulphia mobiliensis* i *Carteria* kod raznih jakosti osvjetljenja (E. S c h r e i b e r), *d*, broj dioba u 10 dana, *M. S.* metarske svijeće.**

Iako je dušik prijeko potreban za rast i razvitak alga, ipak one sadržavaju samo vrlo malene količine tog elementa, kako se to vidi iz tablice 23.

Navedeni hranjivi elementi ulaze u morske biljke skoro svi u obliku iona. Kalij, kalcij, magnezij i željezo ulaze kao metalni kationi (K^+, Ca^{++}, Mg^{++}, Fe^{++} ili Fe^{+++} a fosfor, sumpor, silicij, bor, brom i jod u obliku jednostavnih (Br^-, J^-) ili složenih ($PO_4^{\equiv}$, $HPO_4^=$, $H_2PO_4^-$, $SiO_4^=$ (?), $BO_4^{\equiv}$, aniona. Što se tiče dušika, biljke ga mogu

primati bilo u obliku kationa (NH_4^+) ili aniona (NO_3^-, NO_2^-). Samo ugljik ulazi u biljke u plinovitom stanju kao ugljični dioksid, a kisik i vodik velikim dijelom kao nedisocirana voda.

Potreba a k c e s o r n i h m a t e r i j a. Prema istraživanjima raznih istraživača potrebni su za rast barem nekih planktonskih alga i spojevi, koje obuhvaćamo zajedničkim imenom akcesorne materije. Njih ima u naravnoj morskoj vodi, u ekstraktu zemlje, kao i ekstraktu morskih alga. Njihov dodatak uvjet je rastenju dijatomeja u vješta-



Sl. 111. — **Fotosinteza dijatomeje *Coscinosira polychorda* u razmacima od 3 sata tokom ljetnog (9—10/VI) i zimskog (29/XI) sunčanog dana na površini (puna crta) i u dubini od 4 m (isprekidana crta). Jakost fotosinteze tokom dana (horizontalna crta) je upravo proporcionalna množini proizvedenog kisika (vertik. crta, brojevi na njoj označuju množinu kisika u kub. cm proizvedenog od 10^6 dijatomeja u 1 litri vode). Po M a r s h a l l u i O r r u.**

čkoj morskoj vodi. Tako proizvodi metabolizma, koji izlaze iz stanica alga *Chlorella i Nitzschia,* djeluju pozitivno na rast drugih alga (H a r v e y). Akcesorne materije iz zemljinog ekstrakta cio su niz spojeva, koji se mogu zamijeniti nekim organskim tvarima s divalentnim sumporom i prema tome su i sami organske prirode.

H a r v e y (1939) dijeli [illegible]tivne principe, koji su prisutni u zemljinu ekstraktu, u grupu A i grupu N. [illegible]od grupom A obuhvaća spojeve, koji su netopivi u butilnom alkoholu, a ugljen ih upija, a pod grupom N one, koji su topivi u butilnom alkoholu, ali ih ugljen ne upija. Obje grupe djeluju na rast

alge *(Ditylum)* komplementarno. Porast, koji dolazi poslije dodatka obiju grupa, veći je od zbroja porasta, koji se javlja nakon dodatka samo jedne grupe. Grupu A može s uspjehom zamijeniti cistin, aneurin, biotin i još neki drugi organski spojevi. Analogno i grupu N može nadomjestiti alanin ili dekstroza. Potreba ovih spojeva je za razvitak fitoplanktona, kako se čini, općenitije prirode. Čini se, da su potrebni i za rast viših alga, jer se ulva i enteromorfa bolje razvijaju u vodi, koja je uzeta iz područja obalnih alga, nego u vodi otvorena mora (D e V a l e r a), i bolje u vodi, u kojoj je dodano ekstrakta iz alga, nego bez takva dodatka (S u n e s o n 1943).

E n e r g e t s k i u v j e t i. Pored izvjesnog stepena topline glavni energetski preduvjet proizvodnje je svijetlo kao izvor energije, koja je potrebna za asimilaciju ugljičnog dioksida (f o t o s i n t e z a). Raznim algama treba za asimilaciju raznih optimuma svijetla, a jakosti ispod ili iznad tih optimuma nepovoljno djeluju na nju ili je sasvim sprečavaju.

U čistim kulturama je planktonska dijatomeja *Biddulphia mobiliensis* pokazivala optimum rastenja pri 800 m. s., dok se pri slabijem svijetlu od 100 m. s. još jedva dijelila. Nasuprot tome brzina dijeljenja flagelatne alge *Carteria* rasla je paralelno s porastom osvjetljenja sve do 3.200 m. s. (S c h r e i b e r 1927, sl. 110). — Dijatomeja *Coscinosira polychorda* u vještačkoj je kulturi, izložena cijelog ljetnog dana u raznim dubinama, pokazivala na površini maksimum asimilacije ujutru nešto poslije izlaska sunca i uvečer malo poslije zalaza, dok je u podne pri najjačem svijetlu pokazivala minimum asimilacije (sl. 111). Nasuprot tome zimi je asimilacija na površini pokazivala maksimum u podne. U dubinama od 1, 2, 4 i 6 m asimilacija je od 6 sati ujutro do 6 sati poslije podne rasla s porastom svijetla, a padala je s opadanjem svijetla (poslije podne, M a r s c h a l l i O r r 1928). Navedeni pokusi mogu objasniti, zašto većina planktonskih dijatomeja ne pokazuju u ljetu maksimum gustoće na samoj površini i zašto zeleni flagelati dolaze uvijek bliže površine.

Nije jasno, zbog čega jako svijetlo nepovoljno djeluje na dijatomeje. Možemo pretpostaviti, da prisustvo žutosmeđe asimilacijske boje (osobito fukoksantina) pokraj zelene boje povećava osjetljivost ovih alga prema svijetlu, pa stoga kod njih manji iznos svijetla postizava u procesu asimilacije isti efekat, kao veći iznos kod samog hlorofila, a jače svijetlo nepovoljno djeluje. No takvo tumačenje ne može da se ukloni svakom prigovoru.

L i t e r a t u r a :

ALLEN E. J. (1914), On the culture of the plankton Diatom Thalassiosira gravida in artificial seawater. Journ. Marin. Biol. Assoc. vol. X, 3. — DANGEARD P. (1933), Traité d'Algologie. Paris. — GRAN H. H. (1932), Phytoplankton. Methods and problems. Journ. du Cons. VIII. — HARVEY H. W. (1937), The supply of iron to diatoms. Journ. Mar. Biol. Assoc. XXII. — IDEM (1939), Substances controlling growth of a diatom, ibidem XXIII. — IDEM (1940), Nitrogen and phosphorus required for the growth of phytoplankton. Ibidem XXIV. — MARSHALL S. M. and ORR A. P. (1928), The photosyntesis of diatom cultures in the sea. Ibidem, XV. — SCHREIBER E. (1927), Die Reinkultur von marin. Phytoplankton und dessen Bedeutung für die Erforschung der Produktionsfähigkeit des Meerwassers, Wissensch. Meeresunter. Helgoland, XVI, 10. — DE VALERA (1940), Note on difference in growth of Enteromorpha species in various culture media. Physiogr. sällsk. Forshandl. Bd 10, Lund.

K o l i č i n a p r o i z v o d n j e i n j e z i n o o d r e đ i v a n j e

P r o i z v o d n j a kao rezultat proizvođenja označuje masu organske tvari ili biljnih organizama (biomasu), koja se formira u jedinici vremena i prostora na nekom području.

Godišnja proizvodnja je masa organske materije, koja se formira tokom jedne godine. Ona direktno određuje stepen plodnosti odnosno produktivnosti nekog područja.

Razlikujemo b r u t o od n e t o proizvodnje. Ova se posljednja dobiva, ako se od prve odbije iznos organske materije, koji se troši disanjem od strane samih proizvađača.

Treba strogo razlikovati između količine proizvodnje i veličine naselja ili biomase. Pod ovom posljednjom mislimo na masu organizama u jedinici volumena vode ili areala zatečenu u momentu istraživanja i izraženu brojem individua, njihovom težinom ili nekom njihovom fiziologijskom ili kemijskom konstantom (množinom asimilacijskog pigmenta, ugljika, fosfora, dušika, i t. d., str. 259).

Istraživanje količine proizvodnje vrlo je zamršen posao, a to stoga, što u isto vrijeme, dok se organska tvar proizvodi, ona se djelomično ili u cjelini troši, i to tako, da se pretvara u druga organska stanja prijelazom iz fitoplanktona u zooplankton, nekton ili bentos ili se sasvim izlučuje iz planktonske zajednice vlastitim metabolizmom ili rastvaranjem. Zbog toga veličina ili gustoća biljnog naselja, koju smo zatekli u času istraživanja, označuje samo v i š a k proizvodnje nad potrošnjom (proždiranjem od herbivora i t. d.), koji je nastao od početka rastenja do časa opažanja, a ne daje nikakvih podataka o količini proizvodnje. Stoga ustanovljena veličina biljnog naselja ili fitomasa ne može direktno da posluži kao mjera za količinu proizvodnje.

Procjenu o količini proizvodnje mogu nam dati neke k e m i j s k e m e t o d e, spomoću kojih se može odrediti porast ili smanjenje iznosa nekog kemijskog faktora, koji stoji u pravilnom odnosu s intenzivnošću proizvodnje, t. j. s veličinom nekog planktonskog ekvivalenta (na pr. ugljika, str. 259) ili s množinom šećera kao najjednostavnijeg proizvoda asimilacije. Ti kemijski faktori su kisik, ugljični dioksid i sadržaj fosfata ili nitrata. Porast množine k i s i k a u moru može poslužiti kao direktna mjera proizvodnje. U procesu asimilacije cijepa se ugljični dioksid u ugljik i kisik, i dok se prvi vezuje s vodom tvoreći najjednostavniji ugljikohidrat, drugi se oslobađa u plinovitom stanju i povećava zalihu kisika u vodi, koja raste upravno s asimilacijom CO_2 i proizvodnjom šećera. Prema tablici 27 (str 259) porastu kisika od 1 cm^3 odgovara stalni iznos vezanog ugljika, dušika ili fosfora, svježeg ili suhog planktona i t. d. pa tako

nađeni porast kisika može poslužiti kao mjera za porast biomase i za visinu proizvodnje. Nedostatak je metode u tome, što dio proizvedenog kisika lako prelazi iz prezasićene površinske vode u atmosferu, i što sva živa bića u vodi (osim anaerobnih bakterija) disanjem troše kisik. Zbog tih činjenca ustanovljeni višak kisika predstavlja samo dio proizvodnje, ali može da posluži kao mjera za njezin minimalni iznos.

G r a n (1927) je na osnovu porasta kisika ustanovio minimalnu proizvodnju u vanjskim vodama bergenskog fjorda u vrijeme proljetnje cvatnje u gornjem 10 m debelom sloju u iznosu od 1.4 grama glukoze na m².

Ova metoda može dati približno točne podatke, ako se vrše pokusi metabolizma, kojima je cilj, da se ustanovi sav proizvedeni kisik bez gubitka, a uporedo i množina toga plina, koja je potrošena disanjem. Pokusi se vrše tako, da se istraživana morska voda s prirodnim sadržajem planktona (biljke, životinje i bakterije) izlaže u obliku miješanih kultura u hermetski zatvorenim bocama, od kojih se neke potpuno zastiru crnim platnom radi sprečavanja asimilacije, u raznim dubinama (str. 155). Višak kisika, ustanovljen nakon pokusa u nezastrtim bocama plus nedostatak nađen u zastrtim (t. j. ekvivalent potrošnje disanjem), daju zajedno množinu kisika, koja je proizvedena asimilacijom i koja je ekvivalentna b r u t o proizvodnji. Na osnovu takvih mjerenja metabolizma N i e l s e n računa godišnju proizvodnju u Sundu na 110 gr glukoze na jednom četvornom metru površine u godini 1932/33.

Sudeći po dosadašnjim istraživanjima, ova se metoda može upotrebiti cijele godine samo u eutrofnim vodama, dok u siromašnijim daje povoljnije rezultate samo u vrijeme fitoplanktonske cvatnje.

Količina proizvedene glukoze može se približno procijeniti i i z n o s a p o t r o š e n o g u g l j i č n o g d i o k s i d a, koji se može ustanoviti indirektno mjerenjem koncentracije vodikovih iona ili ionske reakcije.

Iz porasta pH na nekim stanicama u Kanalu A t k i n s (1926) je izračunao godišnju potrošnju ugljičnog dioksida na 4.4 mg, t. j. 1.2 mg ugljika na litru vode. Budući da šećer u obliku dekstroze sadržava oko 40% ovog elementa, iznos od 1.2 mg ugljika odgovara proizvodnji od 3 mg na litru vode ili 3 grama dekstroze u toni. Prema tome na stanici E 2 (u Kanalu), na kojoj dubina iznosi 83.3 m, stupac vode s osnovicom od 4 čet. metra proizvodi 1 kg, a s osnovicom od 1 km² 250 tona šećera, a to bi odgovaralo (uzme li se u račun, da u svježem fitoplanktonu ima približno 15% šećera) masi od 250 × 6.6 = 1650 tona svježeg fitoplanktona. Na stanici E 1 (također u Kanalu), na kojoj dubina iznosi 70 m, proizvodnju cijeni na 210 tona šećera ili okruglo 1400 tona svježeg fitoplanktona.

Neki istraživači određuju veličinu proljetne proizvodnje fitoplanktona i z m n o ž i n e p o t r o š e n o g f o s f a t a.

A t k i n s (1926), pod predpostavkom da svjež fitoplankton sadržava oko 0.15% fosfata i da se u jednoj godini troši u Kanalu oko 30 mg fosfata, računa, da godišnja proizvodnja u stupcu vode visokom 70 m i sa osnovicom od jednog čet. metra iznosi 1.4 kg svježeg fitoplanktona, t. j. 1400 tona u stupcu s osnovicom od čet. kilometra. To je približno isti iznos, do kojeg je došao mjerenjem potrošnje ugljičnog dioksida. — Po istoj su metodi K r e p s i V e r ž b i n s k a j a (1932) procijenili proizvodnju u Barencovu moru na 3 do 5 tisuća tona svježeg fitoplanktona na čet. kilometru, a to odgovara masi od 525 do 750 tona glukoze.

Kod procjenjivanja proizvodnje iz potrošnje hranjivih soli u minimumu treba voditi računa, da se za vrijeme potrošnje vrši ujedno i djelomična regeneracija tih soli, i da elementi mogu proći kroz biologijski ciklus više puta tokom godine, naročito u povoljnim prilikama temperature. Radi toga K r e p s i V e r ž b i n s k a j a misle, da se proizvodnja dobivena iz potroška fosfata ima povećati približno za jednu trećinu radi istovremene regeneracije tih soli.

Iz toga razlaganja proizlazi, da ima više puteva i načina, kako se procjenjuje visina proizvodnje organske tvari u moru, no nijedan od njih ne rješava taj problem potpuno.

L i t e r a t u r a :

ATKINS W. R. G. (1926), Quantitative consideration of some factors concerned in plant growth in water. Journ. du Cons. I. — GRAN H. H. (1927), The production of plankton in the coastal waters off Bergen, March—April 1922. Rep. norw. Fisk. and marin. investig. Vol. III, 6. — KREPS E. and VERŽBJINSKAJA N. (1932), The consuption of nutrient salts in the Barents sea. Journ. du Cons. VII. — STEEMAN E. NIELSEN (1937), The annual amount of organic matter produced by the phytoplankton in the Sound off Helsingfors. Medd. Kom. Dan. Fisk. Ser. Plankt. Bd III, 3.

F a k t o r i p r o i z v o d n j e

F a k t o r i m a p r o i z v o d n j e nazivamo vanjske uvjete, od kojih neposredno zavisi stepen ili visina proizvodnje u razno doba godine i na raznim tačkama mora.

Već je H e n s e n (1911) ustanovio, a poslije njega i brojne ekspedicije i istraživači, da visina fitoplanktonske proizvodnje koleba od položaja do položaja i od vremena do vremena. Postoje neki faktori, koji određuju sad viši, a sad niži stepen proizvodnje.

Ima dvije grupe faktora proizvodnje: tvari u minimumu i svijetlo.

Tvari u minimumu kao faktor proizvodnje

F o s f a t i i n i t r a t i. Od kemijskih elemenata, koji su potrebni za rast bilja, neki uvijek dolaze u tako malenim količinama, da suglasno s L i e b i g-ovim zakonom minimuma (limiting factors po B l a c k m a n n u) upravljaju stepen proizvodnje i mogu je povremeno i gdjegdje potpuno ograničiti. Materije, koje ograničavaju proizvodnju mora, u prvom su redu fosfati i nitrati.

I s p i t i v a n j e   f o s f a t a vrši se u suvremenim biologijsko-oceanografijskim istraživanjima naročito kolorimetrijskom metodom, koja potječe od D e n i g è s - a (1920). Princip metode sastoji se u tome, da se fosformolibdenova kiselina, koja nastane dodatkom amonijeva molibdenata, u prisustvu Sn Cl_2 i fosfata reducira u modri spoj. Intenzitet modre boje, u granicama, u kojima se fosfat nalazi u moru, proporcionalan je koncentraciji fosfata, pa se određivanjem intenziteta može odrediti i množina tih fosfata.

Metodu je detaljnije obradio i prvi uveo u oceanografijska istraživanja A t k i n s (1923). Na njenu usavršenju je radio niz istraživača: W a t t e m b e r g (1937), K a l l e (1933), B r u j e v i č i K r a s n o v a (1933), C o o p e r (1938) i drugi. Metoda je vrlo upotrebljavana u suvremenim oceanografijskim istraživanjima, jer daje dosta pouzdane rezultate.

I s p i t i v a n j e   n i t r a t a vrši se po D e n i g è s u (1911) spomoću »reduciranog strihnina«, koji se dobiva grijanjem strihninova sulfata sa sumpornom kiselinom i cinkom. Tako reducirani strihnin daje s koncentriranom sumpornom kiselinom u prisutnosti nitrata crvenu boju, a njezin je intenzitet proporcionalan koncentraciji nitrata.

Istraživanja nitrata vrše se i pomoću difenilbenzidina, koji u prisustvu koncentrirane sumporne kiseline i nitrata daje modru boju.

Metodu reduciranog strihnina obradio je H a r v e y (1926, 1929), a upotpunili su je C o o p e r (1932) i W a t t e m b e r g (1937). Metodu difenilbenzidina obradio je A t k i n s (1932).

Radi poteškoća, da se dobije sasvim čista sumporna kiselina, potpuno slobodna od nitrata, metode ne zadovoljavaju ni približno u onoj mjeri, kao metoda ispitivanja fosfata pomoću amonijeva molibdenata.

P o r i j e k l o   f o s f a t a   i   n i t r a t a. Jedan dio fosfornih i dušičnih soli nalazi se u moru već od vremena, kad u njemu nije bilo nikakva života. O veličini tog iznosa ne znamo stvarno ništa. Dio fosfata i nitrata u moru pritječe s obala od slatkih voda, koje ispiru tlo i otapaju razne organske i anorganske spojeve, a među njima i te soli i nose ih sobom u more. Osim toga slatke vode nose sobom i znatne množine organskih dijelova kopnenih i slatkovodnih biljaka i životinja, koje povećavaju iznos ovih soli u moru bilo time, što se one mineraliziraju, ili time, što kao hrana neposredno postaju sastavni dijelovi organske tvari mora. Dio nitrata je atmosferskog porijekla. Kod električnih ispražnjenja atmosferski dušik veže se s kisikom u dušičnu kiselinu, koja s vodom kišnicom pada u more. Jedna litra kišnice sadržava u sjevernoj Evropi do 3, a izuzetno do 6 mg dušične kiseline, dok u tropima može da sadržava i do 16 mg (B r a n d t - R e i b i s c h, 1933). Dio nitrata je biogenog porijekla. Ima i u morskoj vodi, kao u slatkoj i u tlu, bakterija, koje vežu elementarni dušik (aerobni *Azotobacter,* anaerobni *Clostridium).* Nije nam poznato, koliko je znatna njihova uloga, i da li su ograničene samo na obalne vode. Najveći dio fosfata i nitrata, koje morske

biljke troše za svoj rast, potječe od organske tvari u moru. Životnom djelatnošću bakterija rastvara se organska materija (o rastvaranju str. 222) u elemente, iz kojih je izgrađena, pa se tako iz nje oslobađaju anorganski spojevi fosfora i dušika.

O s l o b a đ a n j e   (r e g e n e r a c i j a)   f o s f a t a. Životinje, osobito planktonske, koje se hrane dijatomejama, izlučuju znatne množine fosfora u obliku fosfata (G a r d i n e r), i to je t. zv. d i r e k t n a   r e g e n e r a c i j a fosfata. Daleko veće množine fosfata daje i n d i r e k t n a   r e g e n e r a c i j a, koja se vrši rastvaranjem organskih spojeva posredstvom bakterija. Kod tvorbe lipoida (fosfatida) i bjelančevina (nukleoproteida), za koje je potreban fosfor, ne dolazi do redukcije fosfata, već fosforna kiselina ulazi bez promjene kao fosforni radikal u više organske komplekse. Radi toga i kod rastvaranja organskih spojeva fosfor se oslobađa u obliku fosforne kiseline, i to je relativno jednostavan i brz proces. Fosfati se oslobađaju iz uginulog zooplanktona vrlo brzo, a nešto teže iz fitoplanktona (C o o p e r 1935). Tako je na pr. 200 kopepodnih leševa u 200 kub. centimetara vode povećalo u sama tri sata iznos fosfata od 9 na 32 mg/m^3 (G a r d i n e r 1937).

O s l o b a đ a n j e (r e g e n a r a c i j a) d u š i k a   i   o b n a v l j a n j e   n i t r a t a. Morske životinje izlučuju dušik u obliku amonija, mokraćevine, mokraćne kiseline i aminokiselina, dakle spojeva, koje bar neke alge mogu neposredno iskorišćivati. To je d i r e k t n a   r e g e n e r a c i j a dušika. Mnogo veće zalihe tog elementa daje i n d i r e k t n a   r e g e n e r a c i j a, koja se vrši oslobađanjem amonija djelovanjem bakterija ili autolizom bakterijskih tjelesa. Ovo oslobađanje dušika iz organskih spojeva predstavlja znatno zamršene i dugotrajne procese. Prije prijelaza anorganskog dušika u organske spojeve potrebna je redukcija dušične kiseline u mnogo jednostavnije spojeve (NH, NH_2), koji tako ulaze u više organske komplekse. Ponovno pretvaranje organskih dušičnih spojeva u anorganske zavisi od dugog lanca bakterijskog djelovanja, u kojemu možemo razlikovati dva niza procesa. Prvi obuhvaća one, koji dovode do oslobađanja organski vezanog dušika u obliku amonijaka, a drugi one, koje obuhvaćamo pojmom nitrifikacija.

N i t r i f i k a c i j a se u manjoj mjeri vrši već utjecajem sunčeve energije u najgornjem sloju mora (B r a n d t i R e i b i s c h). No pored toga ona se vrši naročito, a u donjim slojevima isključivo, djelovanjem n i t r i f i k a c i j s k i h   b a k t e r i j a. To su u svojim potrebama skromna bića, koja se zadovoljavaju čistim mineralnim otopinama, u kojima ima amonijaka. Njima ne samo da ne treba organske hrane, nego im njena prisutnost u otopini smeta ili djeluje na njih kao otrov. One asimiliraju ugljični dioksid kao i autotrofne

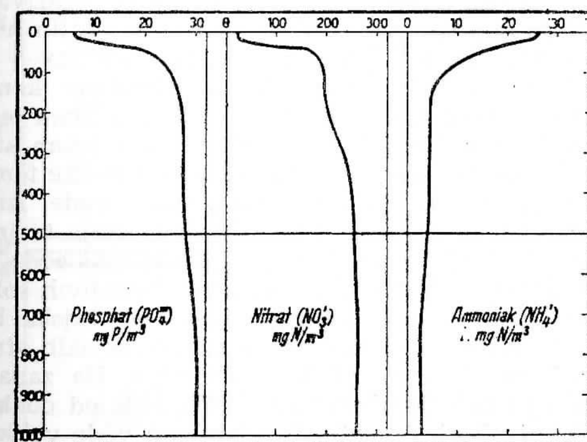
biljke, a energiju, koja im je za to potrebna, ne dobivaju od svijetla, nego oksidacijom amonijaka (k e m o s i n t e z a). I tako se taj bakterijski proces vrši samo u prisutnosti kisika, u tami jednako kao i na svijetlu. Sama nitrifikacija vrši se u dvije faze, u kojima sudjeluju dvije grupe nitrifikacijskih bakterija. U prvoj fazi djeluju n i t r i t n e bakterije *(Nitrosomonas, Nitrosococcus)*, koje oksidiraju amonijak do nitrita, prema shemi: $2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2NO_2 + 2H_2O +$ kal. U drugoj fazi sudjeluju n i t r a t n e bakterije *(Nitrobacter)*, koje dalje oksidiraju nitrite do nitrata, a proces teče prema shemi: $2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3 +$ kal.

Prema raznim opažanjima bakterije, koje oksidiraju amonij, dolaze na planktonskim organizmima, u talozima morskog dna i u vodama neposredno iznad dna, ali ne dolaze u slobodnoj suspenziji otvorenog mora nezavisno od obala ili morskog dna (H a r v e y). Stoga se čini, da se nitrifikacija vrši poglavito u slojevima iznad morskog dna.

Uloga nitrifikacijskih bakterija u moru, kao i na kraju, od ogromnog je značenja. Uglavnom njihovim posredstvom se obnavlja u moru zaliha nitrata, koja je potrebna, da se morski život održava u onoj veličini, u kojoj stvarno i dolazi.

D e n i t r i f i k a c i j a je pojava smanjivanja zalihe nitrata spomoću nekih bakterija, koje svojim prisustvom izazivlju procese suprotne procesima nitrifikacije. Tu dolaze dvije grupe bakterija: koje n i t r a t r e d u c i r a j u i koje d e n i t r i f i c i r a j u. Prve reduciraju nitrat do nitrita ili do amonijaka, i one su vrlo raširene u moru. Druge dalje reduciraju nitrite do elementarnog dušika ili do nekih plinovitih oblika kao na pr. NO. Ove druge su rjeđe u samom moru, ali nešto češće samo uz obalu i na morskome dnu. Obje grupe bakterija vrše svoj posao u odsustvu kisika (anaerobno), ali neke mogu i u njegovu prisustvu. Kisik, koji dobivaju redukcijom nitrata, upotrebljavaju u oksidativne svrhe. Stoga mogu da žive anaerobno samo u prisustvu nitrata ili nitrita, inače u odsustvu njihovu i kisika ugibaju. Prema mišljenju nekih istraživača (B r a n d t) negativan utjecaj denitrifikacijskih bakterija na zalihu nitrata u moru vrlo je jak, i njihovo djelovanje bilo bi uzrok siromaštvu toplih voda ovim solima. No to se mišljenje ne čini dovoljno osnovano.

Visoke temperature, prema B r a n d t u, pospješuju djelatnost ovih bakterija, i odatle pustoš tropskih i subtropskih voda. U prilog ovom mišljenju govorila bi hipoteza (D r e w 1913), po kojoj denitrifikacijske bakterije u toplim vodama utječu na obaranje kalcijeva karbonata. D r e w je pokusom ustanovio, da se u morskoj vodi, koja sadržava nitrata i kalcijevih soli organskih kiselina, taloži kalcijev karbonat. Prema mišljenju D r e w a taloženje nastaje zbog toga, što nitrate reduciraju bakterije, koje iskorišćuju radikale organskih kiselina kao izvor energije. Na taj način misli se, da je nastao vapnenački mulj u području Bahamskih otoka pred obalama Floride. Međutim jednostavna činjenica, da neke bakterije mogu reducirati nitrat i taložiti karbonat u vještačkoj kulturi, ne dokazuje, da se to isto događa na veliko u moru i da posvuda ima u dovoljnoj mjeri organskih kiselina (S e l m a n A. W a k s m a n 1934). Pored toga rezultati novijih istraživanja govore više protiv B r a n d t o v a mišljenja, nego u prilog njemu. Denitrifikacija se vrši ne samo uz visoke, nego i uz vrlo niske temperature, tako na pr. u Barencovu moru (B u t k e v i č). Osim toga je gotovo svagdje u moru dovoljno visoka napetost kisika, koji denitrifikacijske bakterije mogu upotrebiti u oksidativne svrhe, a da ne moraju prijeći na denitrifikaciju. Konačno je utvrđeno, da općenito postoji stalan odnos između množine fosfata i nitrata u moru (str. 206) i da je i fosfata malo na mjestima, gdje je malo nitrata. Sve ove činjenice govore za to, da denitrifikacija ne vrši tako znatan utjecaj na smanjenje zalihe nitrata i izmjenu tvari u moru, kako joj je pripisao B r a n d t. Siromaštvo toplih voda danas se lako tumači na drugi način (str. 267).



Sl. 112. — Vertikalna podjela hranjivih soli (srednji iznosi) u Irmingovu moru u kolovozu 1929. (B ö h n e c k e i W a t t e m b e r g).

G o m i l a n j e f o s f a t a i n i t r a t a u d u b i n a m a. Budući da ostaci uginulog bilja i životinja tonu u dublje slojeve i tu se mineraliziraju, dolazi u dubini do gomilanja hranjivih soli, kako su pokazali N a t h a n s o n (1906) i drugi. Velike razlike u iznosima ovih soli između površinskih i dubokih slojeva dolaze i od toga, što u gornjim slojevima alge troše te soli, dok u dubljim slojevima zbog nedostatka svijetla potrošnja nije moguća. Zbog toga iznosi fosfata i nitrata obično s dubinom rastu (sl. 112). Niže od sloja 150—200 m količina fosfata raste na 50—200 mg, a nitrata na 300—600 mg u m^3. Prema tome velike morske dubine tvore neiscrpno spremište ovih važnih soli za ishranu bilja.

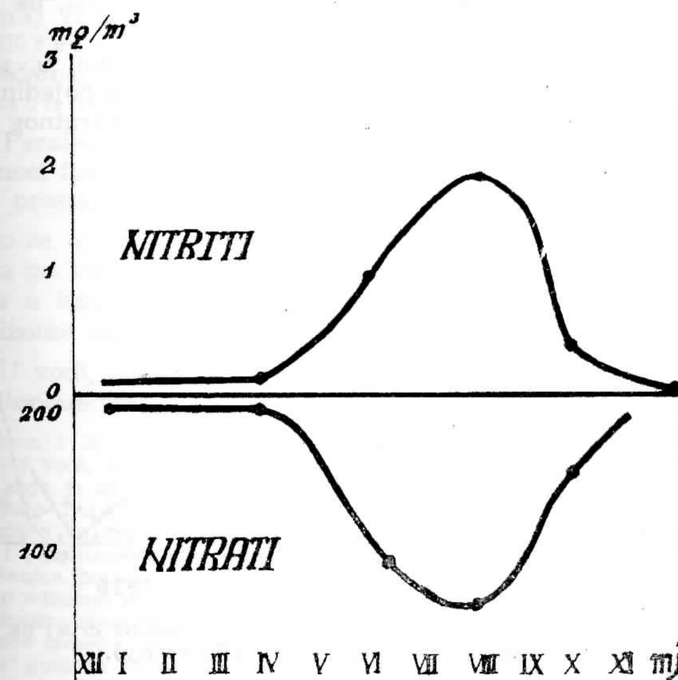
Nasuprot nitratima, množina je amonijaka na površini veća nego u dubini. Na površini množina može da bude znatna stoga, što biljke više iskorišćuju nitrate, a u dubini amonijak ne može tvoriti znatnijih zaliha, jer nitrifikacijom brzo prelazi u nitrite i nitrate.

D o p r e m a f o s f a t a i n i t r a t a u produktivnu zonu. Soli za ishranu, koje se rastom alga gube iz gornjih slojeva i gomilaju u dubinama, mogu se ponovo upotrebiti za izgradnju organske tvari jedino toliko koliko dospiju u produktivnu zonu. Tu dopremu naročito vrše konvekcijske i kompenzacijske struje.

N a t h a n s o n (1906) je bio prvi, koji je obratio pažnju na činjenicu, da ona područja, na kojima dubinske vode dospijevaju vertikalnim strujama u gornje slojeve, sadržavaju visoke iznose hranjivih soli i bogate su fitoplanktonom. Sva dalja istraživanja potvrdila su, da struje dopremaju fosfate i nitrate iz donjih neosvijetljenih u gornje osvijetljene slojeve. U vodama arktika i antarktika trajno hlađenje na površini uzrok je neprekidnog konvekcijskog strujanja i izmjene vode u vertikalnom pravcu, a tomu je posljedica približno jednolična podjela fosfata i nitrata u cijelom stupcu vode preko godine. U toplim vodama tropa i subtropa velike temperaturne razlike (15—20°C), pa stoga i razlike u gustoći vode između najgornjeg, 100 do 200 m debelog, i nižih slojeva stoje trajno na putu konvekcijskom strujanju. Radi toga površinski sloj vode na otvorenom oceanu pokazuje cijelu godinu oskudicu hranjivih soli, a u vezi s time i nestašicu planktona (plava boja — pustinjska boja toplih mora). Istaknute primjere djelovanja kompenzacijskih struja susrećemo na zapadnim obalama Afrike i Amerike. Na zapadnoj obali Afrike pasatni vjetrovi tjerajući površinske vode od obale uzrokuju kompenzacijska strujanja i vertikalnu izmjenu vode velikih razmjera. Zato cijeli stupac vode uz obalu pokazuje visoke iznose hranjivih soli i u produktivnoj zoni bogato naselje fitoplanktona, dok vode otvorenog oceana sve dalje do obala južne Amerike pokazuju općenito niske iznose fosfata i nitrata i mnogo rjeđe naselje fitoplanktona (H e n t s c h e l i W a t t e m b e r g 1930). Na sličan način i uzduž obala južne Kalifornije zbog djelovanja pasatnih vjetrova navire dubinska voda, u kojoj se cijele godine razvija bogat dijatomejski plankton.

K o l i č i n e f o s f a t a i n i t r a t a na raznim geografijskim položajima jako kolebaju. U tropskim i subtropskim vodama sjevernog Atlantika su gornji slojevi vrlo siromašni fosfatima ili su sasvim bez njih cijele godine, osim afričkih obala, gdje se iznosi kreću između 40 i 75 mg/m³. Ispod fotosintetske zone se općenito javlja nagao porast. Na prostranim područjima se maksimum javlja u slojevima između 750 i 1000 m dubine i tu se množine kreću

između 200 i 240 mg. Ova zona »rastvaranja« je značajna i po siromaštvu kisika te znatnijim iznosima nitrita. Ispod tih slojeva vode ne sadrže općenito više od 150 mg fosfata. — U najgornjim slojevima sjeveroevropskih mora (Kanal, Sjeverno more, Barencovo m.) penju se preko zime do 40 ili 50 mg (60) u toni vode, a ti iznosi padaju u ljetu na malo ili na 0 miligrama. U toplijim vodama Mediterana, a tako i Jadrana, iznosi su u gornjim slojevima cijele godine niski kao u sjeveroevropskim morima u ljetu. U gornjim slojevima Ja-



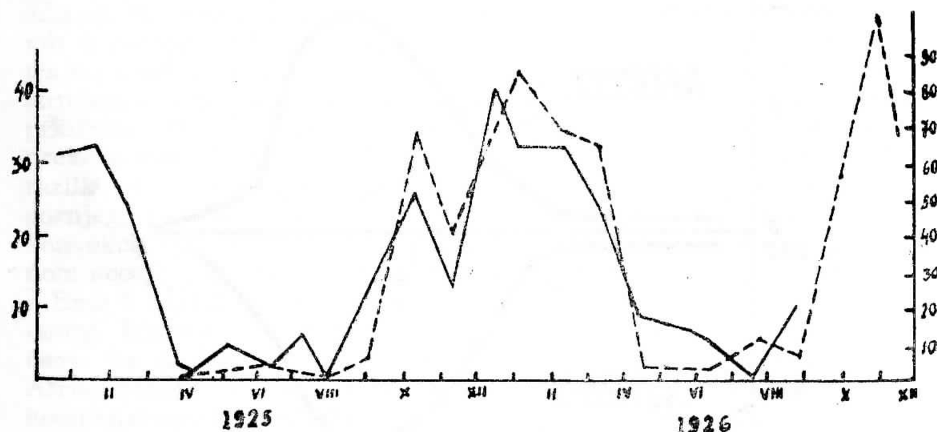
Sl. 113. Srednji iznosi nitrata i nitrita u Barencovu moru (72°—72°30 sj. šir., 33°30 ist. duž.) u vodenom sloju od 0—100 m dubine tokom god. 1930. (V e r ž b i n s k a j a).

drana, prema dosadašnjim istraživanjima, iznosi ne prelaze 3 mg u toni vode (E r c e g o v i ć). Množina dušičnih soli u moru nešto je veća nego fosfornih. Od dušičnih su spojeva za proizvodnju mora najvažniji nitrati. Njihovi se iznosi kolebaju u površinskim slojevima (150—200 m) do 300 mg u m³, a u najvećim dubinama dosežu do 600 mg u m³ vode. Množina amonijaka je između 0 i 90 mg, a nitrita najčešće između 0 i 10 mg, a katkada i znatno veća. Dok se veće koncentracije nitrata javljaju u dubljim slojevima, ispod termo-

kline, veći iznosi nitrita i amonijaka dolaze unutar termokline ili iznad nje. Radi toga se odnosi između množina nitrata i nitrita pokazuju često obrnuti (sl. 113).

Tlo srednje plodnosti sadržava u toni težine oko 1000 do 2000 gr fosforne kiseline, dakle oko 30.000 puta više nego morska voda, i oko 200 gr dušične kiseline, t. j. oko 2.000 do 4.000 puta više nego morska voda (P o r t i e r 1938). No prilike su u moru relativno povoljnije stoga, što se hranjive soli ovdje nalaze u otopljenom stanju, u kojemu ih biljke mogu primati i iskorišćivati, pa i onda, kad su u minimalnim koncentracijama.

Množine fosfornih i dušičnih soli stoje približno u stalnom odnosu, koji nije jednak za sve vode, ali je značajan za pojedina mora i oceane ili njihove prostranije dijelove. Množina nitratnog dušika



Sl. 114. — Količina fosfata (puna crta) i nitrata (isprekidana crta) na površini Kanala tokom god. 1925—1926. (H a r v e y).

prema fosfatnom fosforu se odnosi najčešće kao 4—13 : 1. Relativno niski kvocijenti dolaze u vodama nižih širina ispod fotosintetske zone i u plitkim vodama sjevernog Atlantika. Za atlantske dubinske vode ustanovljen je kvocijent oko 4.5. U Barencovu moru koleba između 6.5 i 14. U Mediteranu se kreće između 10 (u zapadnim dijelovima) i 16 (u istočnim dijelovima). Prema R e d f i e l d u srednji kvocijent za vode triju velikih oceana je 6.7.

Paralelizam između množina dušika i fosfora u moru (sl. 114) od znatne je praktičke važnosti, jer iz množine jednih možemo da zaključujemo o iznosima drugih. To je u praksi važno s obzirom na činjenicu, da je određivanje nitrata još i danas spojeno sa znatnim poteškoćama.

F o s f a t i i n i t r a t i k a o f a k t o r, k o j i o g r a n i č u j e p r o i z v o d n j u. U vezi B r a n d t o v a mišljenja o značenju i važnosti fosfata i nitrata kao faktora, koji ograničavaju proizvodnju, izvršen je velik broj istraživanja na raznim točkama oceana kao i znatan broj pokusnih radova. Ta su istraživanja utvrdila ovo:

a) Postoji paralelizam između množina fosfata i nitrata s jedne i stepena fitoplanktonske proizvodnje s druge strane.

Do toga rezultata dovela su brojna istraživanja u Kanalu (A t k i n s, H a r v e y), u Norveškom moru (G r a n), u Barencovu moru (K r e p s i V e r ž b i n s k a j a) i u drugim sjeveroevropskim vodama, a naročito na velikom području južnog Atlantika (H e n t s c h e l i W a t t e m b e r g).

b) Paralelno s intenzivnim porastom fitoplanktona u proljeće i ljeto iznosi fosfata i nitrata padaju, a kad se te soli potpuno iscrpu, alge se prestaju umnožavati.

Ako se u vrijeme bujanja fitoplanktona ove soli trajno obnavljaju, na pr. zbog vertikalnog miješanja vode, pad soli se ne primjećuje, pa u isto vrijeme susrećemo i bogato naselje fitoplanktona i visoke iznose soli.

c) U vodi, u kojoj je zbog nestašice tih soli prestalo umnožavanje fitoplanktona, njihov dodatak uzrokuje ponovan rast alga.

A l l e n i N e l s o n ustanovili su spomoću kultura, da se dijatomeje brzo razvijaju u vodi, kojoj su dodani mali iznosi fosfata i nitrata. G r a n je u bocama, koje je za tri dana izložio jedan metar ispod površine i u kojima je bilo prestalo razvijanje planktona, dodatkom nitrata i fosfata ponovo izazvao njegovo bujanje. S c h r e i b e r je uzgajajući u čistim kulturama (bez bakterija) planktonsku algu *Carteria* našao, da je za proizvodnju jedne tisuće alginih stanica potrebno 0.0000064 mg dušika i 0.0000043 mg P_2O_5, i da deseterostruko odnosno stostruko povećanje ovih iznosa ima za posljedicu deseterostruko odnosno stostruko povećanje broja karterijinih stanica. Utvrdivši na taj način odnos između potrebnih množina soli i proizvedenog broja stanica, mogao je iz gustoće fitoplanktona ustanoviti iznose fosfata i nitrata prisutnih u vodama oko Helgolanda preko godine. On je tom metodom ustanovio, da množine spomenutih soli upravljaju fitoplanktonskom proizvodnjom u helgolandskim vodama i da je ograničuje i zaustavlja uvijek onaj od dvaju elemenata, koji dolazi u minimumu.

Navedene činjenice dokazuju, da su fosforne i dušične soli u moru svakako spojevi, od kojih zavisi visina fitoplanktonske proizvodnje i koji tu proizvodnju, budući da uvijek dolaze u minimalnim količinama, od vremena do vremena ograničuju i sprečavaju.

O s t a l e t v a r i u m i n i m u m u. Prema zapažanjima istraživača vode su otvorenog mora katkada puste, premda pored povoljnih fizičkih i kemijskih uvjeta sadržavaju znatne iznose fosfata i nitrata.

G r a n (1932) je našao, da je pred obalama Norveške bogat rast fitoplanktona ograničen na obalne struje, dok je atlantska voda izvan obalnog područja katkada bila fitoplanktonom siromašna, iako je sadržavala više fosfata i nitrata i od same obalne vode. Analognu pojavu su zabilježili K r e p s i V e r ž b i n s k a j a za Barencovo more. Istraživanja u antarktiku, koja je izvršila ekspedicija W i k i n g e n, pokazala su, da razvitak dijatomeja može prestati, iako su uvjeti temperature, slanoće, fosfata i nitrata još za razvitak povoljni.

Vjerojatno je stoga, da u moru ima, pored fosfornih i dušičnih soli, još i drugih spojeva odnosno elemenata, koji mogu ograničiti proizvodnju. Kao takav elemenat navodi se ž e l j e z o, koje je prijeko potrebno za razvitak asimilacijskih boja. Množina željeznih spojeva u moru vrlo je malena. U raznim vodama koleba između manje od 1 i 50 mg u kubnom metru vode (H a r v e y 1945). Od tog iznosa tek neznatan dio (prema H a r v e y u oko 10^{-7} ili 0.0000001 mg, a prema C o o p e r u manje od 2mg/m³), dolazi u otopljenom stanju kao dvovalentni ili trovalentni željezni ion, dok sav ostatak dolazi u obliku koloidnih čestica trovalentnog željeznog hidroksida i željeznog fosfata (H a r v e y 1945). Na nekim je mjestima opažano sezonsko kolebanje otopljenog željeza, a isto tako i njegovo smanjivanje u La Mancheu za vrijeme proljetnog bujanja dijatomeja. Množina željeza u planktonskim tjelesima prosječno je oko 16 puta veća nego u morskoj vodi, a analize dijatomeja pokazuju, da te biljke sadržavaju nekoliko puta više željeza nego fosfora (C o o p e r). Sve te činjenice govore za to, da alge sabiru željezo iz vode, i da nedostatak tog elementa može ograničiti proizvodnju u moru. Stoga G r a n pripisuje to, što je otvoreno more relativno siromašno planktonom, napose nedostatku željeznih spojeva.

G r a n misli: Ako plodnost obalnih voda zavisi od nekog kemijskog spoja, to mora da on dolazi s kraja, prelazi u tijela morskih organizama, ali je ireverzibilan, t. j. ne može se njihovim raspadanjem obnavljati poput fosfornih i dušičnih soli, nego se taloži na morskome dnu u obliku netopljivih spojeva. Već je od ekspedicije C h a l l e n g e r a poznato, da se talozi velikih dubina u Pacifiku sastoje ponajviše od željeznih i manganovih spojeva. Prema tome, zaključuje G r a n, plodnost obalnih voda potječe vjerojatno od željeznih huminskih spojeva, koje vode ispiru i donose s kraja. Tim se spojevima ima vjerojatno pripisati povoljno djelovanje zemljina ekstrakta (str. 195) na razviće planktonskih dijatomeja u vještačkim kulturama, kao što povoljnije djelovanje zemljina ekstrakta na rast azotobaktera u kulturama potječe od njegova željeznog sadržaja.

Navedenom mišljenju G r a n a ne idu u prilog nedavna istraživanja, prema kojima dijatomeja *Nitzschia closterium* ne iskorišćuje samo ono željezo, koje se nalazi u pravoj otopini, nego također i

koloidne čestice ferihidroksida i ferifosfata. Pored toga kod ove su alge potrebe željeza mnogo manje od iznosa, koji se doista nalazi u moru (H a r v e y 1937).

I s i l i c i j e v d i o k s i d može biti prema mišljenju nekih istraživača faktor, koji ograničuje proizvodnju. Ovaj je spoj potreban za izgradnju kremenih dijatomejskih ljušturica, i njegov sadržaj u moru je doista vrlo malen. U oceanskoj vodi koleba između 40 i 360 mg u m³, a tek u velikim dubinama (3.000 m i niže) raste do preko 1000 mg u m³. U vrijeme proljetne cvatnje dijatomeja može iznos da padne od nekih 200—250 mg na 40 mg ili na još manje (A t k i n s). Ipak se nije mogao nigdje ustanoviti potpuno nedostatak ovog spoja. — Porast silikata u ljetu govori za to, da se on brzo obnavlja otapanjem dijatomejskih ljušturica i detritusa u suspenziji.

Da silicijev dioksid vjerojatno ipak nije faktor, koji ograničava proizvodnju, zaključuje se iz vještačkih kultura A l l e n o v i h i N e l s o n o v i h, u kojima su se dijatomeje razvijale u umjetnoj morskoj vodi bez dodatka silicijeva dioksida zadovoljavajući se samo onim, koji se otapao od staklenih posuda.

Metodiku ispitivanja silicijeva dioksida kolorimetrijskim putem obradili su B r u j e v i č i B i l i m o v (1933) i W a t t e m b e r g (1937).

Među elemente, koji dolaze u račun kao faktori ograničavanja proizvodnje, ubrajamo i mangan. Sadržaj tog elementa u moru kreće se između 1 i 10 mg/m³ (T h o m p s o n i W i l s o n 1935).

H a r v e y (1939) je opazio, da naravna morska voda u nekim slučajevima nije bila podesna za rast alge *Ditylum*, osim kad joj je dodao nešto mangana. Tako i morska voda, koja je dulje vremena odležala, nije bila podesna za kulturu alge zbog gubitka mangana. Kad se dodao mangan u tragovima, rastenje se snažno razvijalo.

Napokon i organski spojevi, koje smo nazvali a k c e s o r n i m t v a r i m a (str. 195), možda katkada djeluju kao faktor ograničavanja proizvodnje.

Voda otvorenog mora, koja je bila nepodesna za rast nekih fitoplanktonskih alga, postala je opet plodnom, ako se dodala malena količina ovih organskih spojeva. Po tome se čini, da oni ili sami ili u zajednici sa željeznim ionom ili nekim drugim elementom omogućuju bogatiju proizvodnju obalnih voda i mogu biti faktor ograničavanja u vodama otvorenog mora.

L i t e r a t u r a :

ALLEN E. J. and NELSON (1910), On the artificial culture of marine plankton organisms. Journ. Mar. Biol. Assoc. VIII, 5. — ATKINS W. R. G. (1923), The phosphate content of fresh and salt waters in its relationship to the growth of algal plankton. Journ. Marin. Biolog. Assoc. XIII, 1. — IDEM

(1926), Quantitative consideration of some factors concerned in plant growth in water. Journ. du Cons. I. — IDEM (1932), Nitrate in sea water and its estimation by means of dyphenilbenzidine. Journ. Mar. Biol. Assoc. XVIII, 1. — BRANDT K. und REIBISCH J. (1933), Der Stoffhaushalt im Meere. Handb. der Seefischerei Europas, Bd I, 6. — BRUJEVIČ S. W. and BILIMOV (1933), Estimation of silica in sea water. Bull. Stat. Oceanogr. Inst. of USSS, 14. — COOPER L. H. N. (1935), Iron in sea and in marine plankton. Proc. Roy. Soc. B. vol. 118. London. — IDEM (1938), Redefinition of the anomaly of the nitrate-phosphate ratio. Journ. Mar. Biol. Assoc. XXIII, 1. — DREW C. H. (1913), On the precipitation of calcium carbonate in sea by marine bacteria and the action of denitrifying bacteria in tropical and temperate seas. Journ. Mar. Biol. Assoc. IX, 4. — ERCEGOVIĆ A. (1934), Istraživanja o temperaturi, salinitetu, kisiku i fosfatima jadranskih voda srednjodalmatinske obale. Prir. istraživ. Jug. sv. 19, Zagreb. — GARDINER A. C. (1937), Phosphate production by plankton animals. Jour. du Cons. XII. — HARVEY H. W. (1926), Nitrate in the sea, Journ. Mar. Biol. Assoc. XIV, 1. — IDEM (1937), The supply of iron to diatoms, ibidem XXII. — IDEM (1937), Colloidal ferric hydroxide in Sea. Ibidem XXII, 221. — HENTSCHEL E. und WATTEMBERG H. (1930), Plankton und Phosphat im südatlantischen Ozean. Annal. d. Hydrogr. usw. Jahr. 58. — ISATSCHENKO B. L. (1926), Sur la nitrification dans les mers. C. R. Acad. sc. Paris, 182. — KREPS E. and VERŽBJINSKAJA N. (1930), Seasonal changes in the phosphate and nitrate content and in hydrogen ion concentration in the Barents sea. Jour. du Cons. vol. V. — NATHANSON A. (1906), Über die Bedeutung vertikaler Wasserbewegungen für die Produktion des Planktons im Meere. Abhand. Königl. Sächs. Ges. d. Wissen. Leipzig, 39, No 5. — THOMPSON H. (1931), Nitrate and phosphate content of Mediterranean water. Rep. Dan. Ocean. Exped. to Mediterr. and adjacent seas, vol. 3. — WATTEMBERG H. (1937), Methoden zur Bestimmung von Phosphat, Silikat, Nitrat, Nitrit, Ammoniak im Seewasser. Rapp. Proc. verb. vol. CIII.

Svijetlo kao faktor proizvodnje

Od energetskih faktora svijetlo može biti faktor ograničavanja u proizvodnji fitoplanktona. Temperatura, koja utječe na brzinu dijeljenja stanica i na karakter naselja kao malo koji faktor, ne određuje u cjelini njegovu gustoću, jer ima vrsta, koje dobro uspijevaju i uz najniže (oko —1.5°C) ili uz najviše (oko 30°C) temperature morske vode. Svijetlo određuje stepen proizvodnje samo onda, kad je njegov intenzitet nizak. To može da bude u zimi ili u izvjesnoj dubini. Z i m i je faktor ograničavanja u višim geografijskim širinama. To se zaključuje iz činjenica, što u Kanalu i u drugim sjeveroevropskim morima proizvodnja zimi jako pada ili se potpuno zaustavlja, iako u to doba fosfati i nitrati rastu do najviših godišnjih iznosa, i što s proljetnim porastom svijetla ide uporedo i proljetna cvatnja fitoplanktona. Svijetlo se kao faktor ograničavanja najjasnije očituje u polarnim krajevima, gdje je rast fitoplanktona ograničen samo na ljetne mjesece.

Svijetlo je faktor ograničavanja naročito u v e r t i k a l n o m p r a v c u. Zbog naglog opadanja jakosti svijetla s dubinom proizvodnja je organske tvari u moru ograničena na relativno tanak gornji sloj, t. j. na produktivnu zonu (str. 154). Ispod te zone zbog nestašice svijetla nema izgradnje organske tvari, već samo njezino razaranje i pretvaranje. Donja granica produktivne zone ujedno je i donja granica proizvodnje fitoplanktona.

KRUŽENJE ORGANSKE MATERIJE U MORU

Organska tvar, proizvedena u moru, ne ostaje trajno na mjestima postanka, t. j. u tijelima planktonskih i bentoskih biljaka, nego trajno kruži u moru postajući sukcesivno sastavni dio raznih organizama. U moru se bez prestanka vrši kruženje organske tvari najvećih razmjera, i na tome se temelji sav život mora. U tom kruženju vrše vrlo važnu ulogu životinje i heterotrofne bakterije.

U l o g a m o r s k i h ž i v o t i n j a u k r u ž e n j u m a t e r i j a

Morske životinje sudjeluju u kruženju organske tvari preko h r a n i d b e. One ne mogu da iz ugljičnog dioksida i vode spomoću energije svijetla proizvode ugljične hidrate niti da iz njih, umetanjem sumpora, fosfora i dušika, priređuju bjelančevine. One se kao i ostala heterotrofna bića za izgradnju svoga tijela i za dobivanje potrebne energije služe gotovom hranom, koja je nastala u biljkama i bila sastavni dio njihova tijela. Životinje uzimlju biljne ugljične hidrate i pretvaraju ih u vlastite (glikogen), a od česti i u masti. Isto tako uzimlju biljne bjelančevine ili barem njihove jednostavnije sastavne dijelove, naime polipeptide ili aminokiseline i pretvaraju ih u bjelančevine svoga tijela. Procesi izmjene tvari ili metabolizma vrše se kod morskih životinja jednako kao kod kopnenih. Morske životinje pokazuju neke osobitosti naročito u načinu dobivanja i probavljanja hrane.

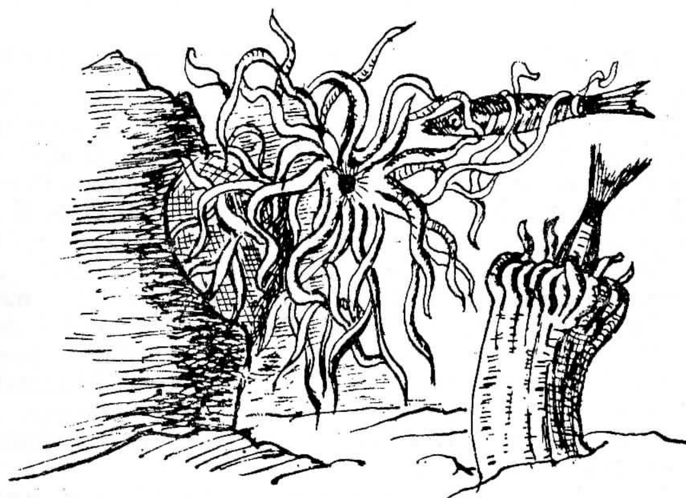
D o b i v a n j e h r a n e. S obzirom na način dobivanja hrane možemo razlikovati u moru uglavnom dvije grupe neparasitskih životinja: makrofagne i mikrofagne. M a k r o f a g n e su one, koje se hrane obično krupnijim plijenom i k njemu pristupaju, barem primarno, aktivnim kretnjama i samo su neke od njih izgubile sposobnost aktivnog pristupanja. Pokretne makrofagne životinje imaju obično dobro razvijena ćutila, organe za pokretanje, kao i aparaturu za hvatanje, a neke i za drobljenje plijena. Sposobnost pristupanja k plijenu u stvari je prednost, pa se makrofagija smatra u filogenetskom pogledu za sve eumetazoe kao primaran način hranjenja (H a d ž i 1944).

Razne makrofagne životinje dolaze do plijena na različite načine. Sesilni oblici knidarija, koji su sekundarno izgubili sposobnost pomicanja s mjesta, služe se za hvatanje plijena, koji može biti relativno znatnijih razmjera, lovkama. One su vrlo pokretne, istežljive

i savitljive na sve strane, oboružane su knidama, te vezuju (spiralno uvijenim nitima knida), paralizuju (otrovom iz knida) i aktivno prenose plijen do usta (sl. 115).

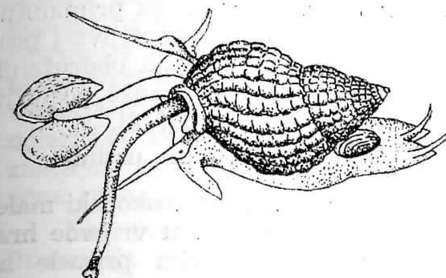
Otrovi, koje sadržavaju knide, pripadaju grupi otrova, koji prouzrokuju anestetičko stanje (hipnotoksini). Stoga životinja, koja je pretrpjela jači udarac, postaje sasvim nepokretna i neaktivna, te se »pušta pojesti bez protesta« (P o r t i e r).

Pelagijske meduze love plijen lovkama i usnim krpama (skifomeduze). Ktenofore to čine spomoću jednog para dugih i pruživih lovaka, osim beroida, koje hvataju i veći plijen vanredno rastežljivim ustima. I meduze i ktenofore su vrlo proždrljive. Neki poliheti služe



Sl. 115. — *Anemonia sulcata* u času kad hvata plijen i unosi ga u probavnu duplju (M e r c u l i a n o).

se dugim nastavcima, pa tako *Cirratulus,* koji leži obično zakopan u dnu, a na površini drži rasprostrte dugačke cire, kojima hvata hranu. Vagilne su životinje općenito dobro opremljene za lov plijena. Tako već nečlankoviti turbelari obično imaju dobro razvita ćutila i organe za pokretanje (treplje i mišićje), a pored toga često mišićavo i pruživo ždrijelo za hvatanje plijena, osobito malenih crva i račića. Veliki grabežljivci su nemertini, koji imaju naročito građeno i pruživo, a često mehaničkim i kemijskim (otrovne žlijezde) napravama oboružano rilo. Slično poliheti, osim sesilnih, imaju ispruživo ždrijelo, koje je kod grabežljivih nereida *(Aphrodite)* dobro naoružano nazubljenim hitinskim čeljustima. Većina puževa ima u ustima

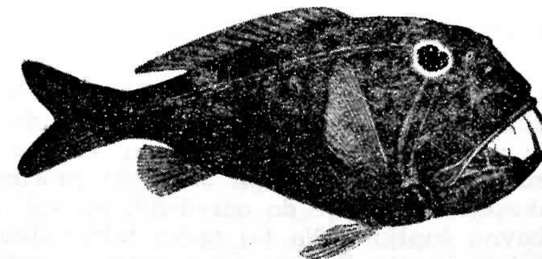


Sl. 116. — *Nassa reticulata,* sprijeda ispruženo rilo i ticala, a na njihovim zadebljanjima su oči. Dugi sifon je okrenut prema dolje. Duž. životinje 25 do 35 mm. (Prema M e y e r u i M ö b i u s u).

naročit aparat za struganje i drobljenje hrane. To je t. zv. radula, podulja rebrolika tvorba s transverzalnim nizovima hitinoznih zubića, koja pokriva mišićasti jezik. Neki mesožderni puževi, kao *Dolium, Nassa* (sl. 116), *Natica* i *Buccinum,* buše rupe na ljušturama moluska spomoću sumporne kiseline, koju izlučuju iz posebnih žlijezda. Veliki grabežljivci su glavonošci, koji imaju dobro razvijena ćutila, osobito oči, i vrebaju plijen zakopani u pijesku ili skriveni u pukotinama kamenja (sipe, hobotnice) ili na nj napadaju u plivanju (lignja). Za lov plijena služe se krakovima, a za hranjenje imaju jake rožane čeljusti, koje sjećaju na obrnut papigin kljun, i radulu. Hrane se najviše racima, a manje ribama.

Na raka napadaju obično s leđa i uhvativši ga drže ga čvrsto opletena krakovima u izvjesnoj udaljenosti od tijela, da se tako očuvaju od njegovih škara. Tada ga naglim pokretom prinesu do usta, čeljustima probiju oklop i ubrizgaju u njegovo tijelo otrovnu tekućinu i probavni sok. Čini se, da je otrov glavonožaca vrlo energičan. Rak, u koga su bile ubrizgane dvije kaplje ekskreta pljuvačnih žlijezda hobotnice, ugine začas u konvulzijama. Isto tako brzo ugine i u vodi, u koju je stavljeno nešto od tog sekreta (P o r t i e r).

Raci su lukavi grabežljivci, koji hvataju plijen udovima i katkada ga sijeku na komade spomoću škara. Ribe grabe plijen izravno ustima, koja su u tu svrhu opremljena jakim i pokretljivim čeljustima, a često i zubima. Naročito pelagičke ribe većih dubina imaju često prema relativno malenim razmjerima tijela golema usta oboružana vrlo jakim zubima (sl. 117). Oni služe kod riba obično samo za prihvatanje i pridržavanje plijena, a rjeđe za drobljenje hrane (raže, manji

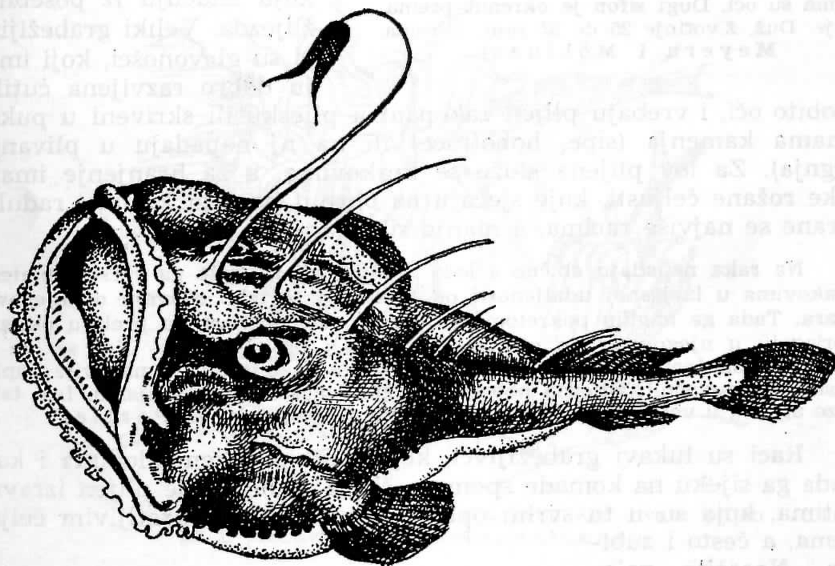


Sl. 117. — *Caulolepis longidens,* dubokomorska riba s jako razvijenim zubima (Guide ill. Musée Monaco).

broj koštunjača). Katkada su opremljene napravama za primamljivanje plijena. Tako je na pr. opremljena naročito grabežljiva i proždrljiva grdobina (*Lophius*), koja iznad ogromnih ustiju oboružanih zubima ima na oduljoj niti mesnati privjesak, koji može poslužiti kao mamac i tako zavarati žrtvu (»lov na udicu«, sl. 118).

I zubati kitovi i dupini hvataju plijen neposredno ustima.

M i k r o f a g n e su životinje, koje se hrane mikroskopski malenim organizmima ili organskim detritusom. One se u vrijeme hranjenja ne kreću u pravcu plijena, jer su ili sasvim prirasle na podlozi (sesilne), ili je njihova pokretljivost, koliko su pokretljive

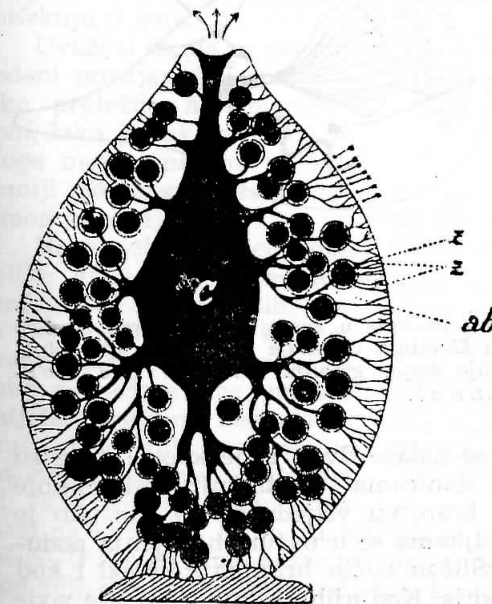


Sl. 118. — Grdobina *(Lophius piscatorius)*; prema W. M o h r u iz G e s s n e r a).

i žive u slobodnoj vodi, vrlo slaba i zavisna od gibanja vode (salpe, kopepodi). One se hrane na taj način, da uzrokuju strujanje vode i iz vode procjeđuju sitnu hranu, koja se sastoji od planktonskih mikroorganizama ili od organske prašine. Ta hrana filtriranjem dospijeva najprije do određenih mjesta, a istom odatle ide u probavnu šupljinu. Na taj način takve životinje vrše ulogu morskih filtara ili sita. Životni uvjeti morske sredine, a u prvom redu obilje hrane u suspenziji, prijaju ovom tipu hranjenja i čine, da je taj tip u moru skoro dominantan. Pa ipak kod svih eumetazoa to je sekundaran način hranjenja, koji je nastao ili u vezi s prijelazom na

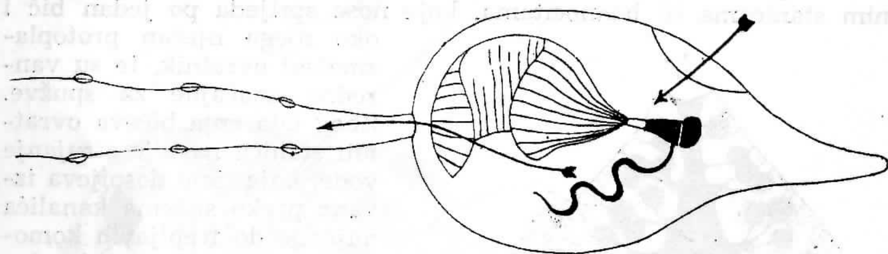
sesilan, ili polusesilan, ili na planktonski (salpe, filopodi, ostrakodi, kopepodi i neke skifomeduze) način života (H a d ž i). Aparatura za filtriranje varira u detaljima kod raznih tipova. Uglavnom možemo razlikovati dva glavna tipa filtriranja: prvi, koji se vrši udaranjem trepalja, i drugi, koji nastaje kretanjem ekstremiteta. Prvi način dolazi kod svih bentoskih tipova, osim priraslih ciripedija, a drugi je značajan za posljednje i naročito za pelagijske kopepode i druge sitne rake.

Kao predstavnik bentoskih prosijavača može poslužiti spužva ili ascidija. U prostijem slučaju spužvino tijelo tvori vrećicu (sl. 119), priraslu na morskome dnu, koja ima atrijsku duplju i veliki broj t. zv. trepljavih komorica. One su spomoću sistema cijevi spojene s jedne strane s površinom odnosno vanjskom sredinom, a s druge s atrijskom dupljom, koja komunicira s vanjskim svijetom preko izmetnog otvora (o s c u l u m). Komorice su obložene t. zv. ovratnim stanicama ili hoanocitama, koje nose sprijeda po jedan bič i oko njega nježan protoplazmatski ovratnik, te su vanredno značajne za spužve. Zbog udaranja bičeva ovratnih stanica nastaje strujanje vode, koja time dospijeva izvana preko sistema kanalića najprije do trepljavih komorica, a odatle do atrijske duplje, iz koje izlazi kroz izmetni otvor napolje. Pri tom strujanju ovratne stanice iskorišćuju iz vode sitne hranljive čestice i kisik. I sesilni poliheti cjevaši (*Serpula, Sabella*) su prosijavači i zavise o hrani u vodenoj struji, koju podižu treplje na škržnim nitima. Slabo pokretljivi ili trajno pričvršćeni rotatoriji uzrokuju strujanje vode aparaturom trepalja na prednjem dijelu tijela. Sesilni i stoga polipoidni kamptozoi imaju za vitlanje vode treplje, koje se nalaze na vijencu tentakula, i to samo na stranama, koje su okrenute prema usnom otvoru. Tenta-



Sl. 119. — Shematski uzdužni prerez kroz spužvu tipa *Leucon*. Voda ulazi u dovodne kanaliće *z*, koji utječu u okrugle komorice s ovratnim stanicama. Iz komorica izlaze odvodni kanali *ab*, koji utječu u atrijsku duplju *C*. Ta komunicira sa spoljašnjim svijetom s pomoću izmetnog otvora (osculum) na vrhu. (Po H a e c k e l u).

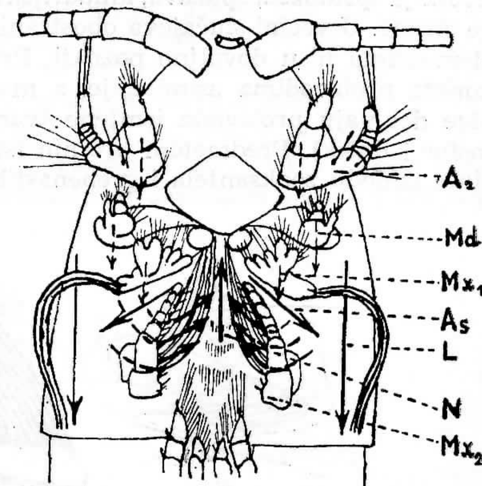
kuli nisu podjednako savitljivi na sve strane, kao kod makrofagnih knidarija, nego najviše samo u jednome smjeru, naime prema ustima. Isto tako je građena aparatura za filtriranje kod svih mikrofagnih životinja tentakularnog ili polipoidnog tipa, naime kod brizoa, brahiopoda, foronida, i polusesilnih pterobranhija. Amo bismo mogli pribrojiti i krinoide. Ovdje se treplje nalaze u trepljavim brazdama, koje idu od usnoga otvora u ručice i u njihove nastavke (pinule). Kod školjaka se treplje nalaze na škrgama u plaštanoj duplji. Na zadnjem kraju plašta su dva otvora, koja su često izvučena u podulje cjevaste sifone: jedan za ulaz, a drugi za izlaz vode. Oni omogućuju životinji boravak ispod površine morskog dna, u kamenu ili u drvu, i u isto vrijeme primanje vode s kisikom i hranom i ispuštanje, jer ostaju u komunikaciji s površinom. Vodena struja, koja ulazi kroz ulazni otvor (sifon), udaranjem trepalja stiže



Sl. 120. — Apendikularija *Oikopleura albicans* u svojoj kućici. Crne strelice pokazuju pravac vodene struje, koju životinja uzrokuje zavojitim gibanjima repića. Svijetla strelica ispod označuje smjer gibanja životinje. (Po Lohmannu).

sprijeda do usnog otvora, gdje se nalaze dvije usne krpice. One su snabdjevene sluznim i osjetnim stanicama i pretražuju čestice, koje pristižu, s obzirom na njihovu hranjivu vrijednost, te ono, što je vrijedno, prenose u usta. Sa školjkama se u načinu hranjenja podudara u suštini i branhiostoma. Sličan način hranjenja dolazi i kod tunikata, na pr. kod sesilnih ascidija. Kod njih nastaje strujanje vode udaranjem trepalja, koje se nalaze na rubovima brojnih škržnih otvora u škržnom dijelu crijeva. Čestice hrane, koje su stigle u škržnu vrećicu, potiskuje naročita trepljasta aparatura u probavni dio crijeva. Kod planktonskih apendikularija *(Oikopleura)* t. zv. repić za plivanje izaziva svojim vijugavim kretnjama strujanje vode u galertastu kućicu, gdje se vrši dalje filtriranje u načelu jednako kao i kod njihovih bentoskih srodnika (sl. 120).

Drugi tip filtriranja dolazi kod planktonskih kopepoda, ostrakoda, kladocera i kod bentoskih ciripedija, gdje se strujanje vode izaziva udaranjem udova. Kopepodi čestim i brzim udaranjem stražnjih antena, mandibula i prednjih maksila uzrokuju s obje strane ventralne plohe lokomocijsku struju prema natrag, koja sobom nosi vodu iz prostora između prednjih i stražnjih maksila (sl. 121). Zbog toga aspiracijskog djelovanja lokomocijske struje rađa se protivstruja, koja teče između obe stražnje maksile prema naprijed i čestice hrane, što ih sobom nosi, ostavlja na čekinjastim filtrima stražnjih maksila, odakle ih bazalni privjesci prednjih maksila potiskuju u usta.



Sl. 121. — *Diaptomus* spec. (približno 150 : 1). Udaranjem drugih antena (A_2), mandibula (Md) i prvih maksila (Mx_1) nastaje na trbušnoj strani lokomocijska struja L, upravljena prema natrag, koja sobom nosi vodu iz prostora između prvih i drugih (Mx_2) maksila (to je aspiracijska struja As). Tako nastaje između obiju drugih maksila struja upravljena prema naprijed (N), iz koje se krute hranjive čestice (bakterije i najmanji planktonti) zadržavaju na čekinjastim filtrima i odatle privode u usta. (Prema Storchu).

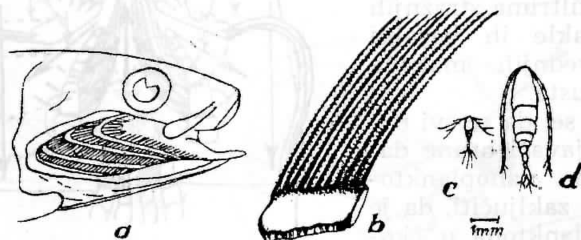
Uvaži li se, da se svi navedeni prosijavači hrane daleko pretežno nanoplanktonom, lako je zaključiti, da je uloga nanoplanktona u ekonomiji morskog života od golemog značenja.

Na prijelazu između obe velike grupe životinja, makrofagnih i mikrofagnih, stoje neki kičmenjaci, koji se hrane planktonom. Takve su neke pelagijske ribe, napose srdjela, brgljun, haringa i skuša. Kod njih posebne izrašline na škržnim lukovima (sl. 122) filtriraju vodu, koja ulazi na usta, a s njome planktonske organizme, osobito kopepodne račiće. U želucu samo jedne haringe nađeno je preko 60.000 kopepoda. Kod ovih riba škržni aparat djeluje kao pravo sito za filtriranje hrane. Na sličan način procjeđuju iz vode plankton i kitovi pločani, koji taj posao vrše spomoću posebnih rožastih ploča u ustima, a hrane se poglavito planktonskim eufauzidima, kopepodima i pteropodima.

Kao poseban tip hranjenja možemo navesti proždiranje taloga, naime mulja i pijeska zajedno s ostacima organskog porijetla. Ovom tipu pripadaju mnoge bentoske životinje *(Holothuria, Arenicola* i t. d., vidi str. 245).

Osobit način ishrane dolazi kod simbioze i parasitizma.

P o j a v e s i m b i o z e u moru nisu rijetke. Najznačajnije su one, koje dolaze između jednostaničnih zelenih (zoohlorele), žutosmeđih (zooksantele) i modrozelenih (zoocianele) alga s jedne i nekih životinja (protozoa, spužava, knidarijskih polipa, crva i školjaka) s druge strane. U većini slučajeva obostrani odnosi među tim heterogenim elementima nisu dovoljno poznati. Pretpostavlja se, da se životinje koriste proizvodima asimilacije, a možda i kisikom (H a d ž i), dok alge dobivaju proizvode izmjene tvari životinja (ugljični dioksid, fosfor i dušik). Predmetom brojnih istraživanja bile su napose simbioze između zooksantela i grebenastih koralja, koje su tako tijesne



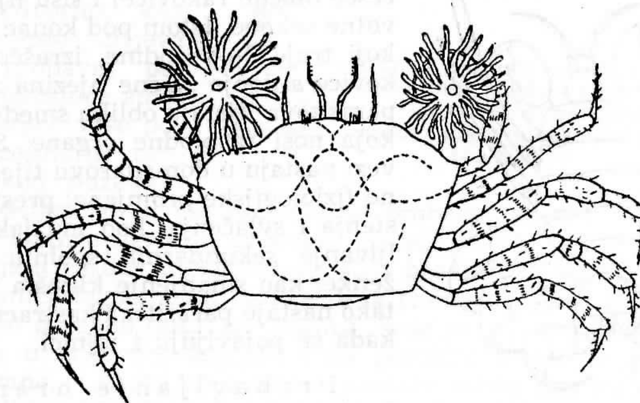
Sl. 122. — Naprava za filtriranje kod kalifornijske srdjele. Kod *a* je dignut škržni poklopac, da se vidi škržno sito, koje se sastoji od škržnih »grabalja«. *b* dio škržnog sita povećan. *c*, *Oithona plumifera*, poveć. u istom omjeru kao *b*. *d*, *Calanus finmarchicus*, kopepod srednje veličine, poveć. u istom omjeru kao *b*.

i obavezne, da je prisustvo alga u nekim slučajevima osigurano već u oplođenom jajetu koralja (kod madreporarija, H a d ž i). Prema novijim istraživanjima (Y o n g e i N i c h o l s) asimilacijska djelatnost alga opskrbljuje koraljne polipe kisikom, a ne proizvodima asimilacije, dok flagelati od njih dobivaju ugljični dioksid, fosfate i dušik. Zooksantele vjerojatno povoljno utječu u koraljima i na taloženje vapnenca, jer asimilacijom smanjuju tlak ugljične kiseline, povećavaju zasićenost vode na vapnencu i time «idu na ruku« koraljima, kojima vapnenac treba za tvorbu skeleta.

Vrlo zanimljiv slučaj simbioze dolazi između zoohlorela i malenog turbelara *Convoluta roscoffensis*, koji dolazi na bretonskim žalima i na Kanalu. Crvić je sav zelen od silnog mnoštva alga, kojima su upravo nakrcane njegove stanice neposredno ispod tjelesne površine. Dolazi u tolikim masama, da čini velike zelene mrlje na žalu.

Javlja se za oseke, a neposredno prije pristupa plime naglo se gubi ispod površine žala. Ovo periodično pojavljivanje dovodi se u vezu s potrebama simbiotskih alga za svijetlom, a zakopavanje sa zaštitom crva pred mehaničkim udaranjem vala. Crv je toliko upućen na asimilacijske proizvode (škrob) svoga simbionta, da i nije sasvim sposoban za uzimanje spoljašnje hrane. Istom pod konac života, u vrijeme, kad alge u tijelu počinju naglo ginuti, pokušava da se hrani vanjskom hranom, no naskoro, pošto odloži jaja, ugine. Simbioza je ovdje išla dotle, da je jedan od članova postao sasvim zavisan od drugoga, pa se čini, kao da crv parasitira na algama.

U navedenim slučajevima susrećemo simbiozu u užemu smislu riječi, t. j. celularnu i sinharmonijsku zajednicu heterogenih orga-

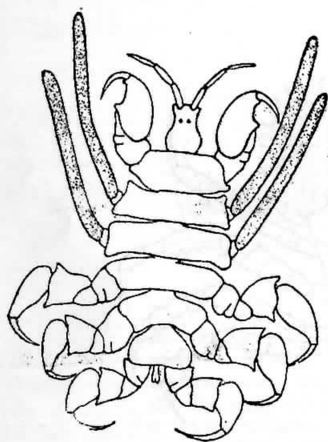


Sl. 123. — Rak *Mellia tesselata* s dvije aktinije u škarama. (Prema D u e r d e n -u).

nizama (Vo u k), što se razlikuje od simbioza u širemu smislu, u kojima su mutualistički (izmjenički) odnosi zavisnosti manje tijesni. Takvi odnosi postoje između rakova i moruzga (*Paguristes maculatus* u kućici *Murexa* s moruzgom *Adamsia rondeleti*, dekapod *Mellia tesselata* s moruzgom *Sagartia* u svakoj škari, sl. 123), između raka i spužava (*Eupagurus pridauxi* u spužvi *Suberites domuncula*), raka i školjaka (*Pinnotheres pisum* na škrgama nekih školjaka) i t. d.

I p o j a v e p a r a s i t i z m a u moru su česte, osobito među životinjama. Dolaze naročito kod nižih i nekih viših crva, kod moluska i raka, a ima parasita kod praživotinja i jedan slučaj kod najnižih kičmenjaka (*Myxine*). Crvi u moru, kao i izvan morske sredine, imaju veliki broj parasitskih oblika (cestodi, trematodi, neki

nematodi, akantocefali, mizostomidi), no za more su raci značajniji kao parasiti. Njih ima najviše u redovima kopepoda, izopoda i ciripedija. Kopepodi parasitiraju na mekim dijelovima morskih životinja, napose riba i raka. U mnogo su slučajeva, u vezi s parasitskim načinom života, toliko izmijenili svoj kopepodni oblik, da samo njihov razvitak (pojava planktonskog naupliusa) otkriva njihovu pripadnost. I među izopodima ima znatan broj parasita (»riblje uši«), tako rod *Cyamus* (sl. 124) živi na kitovima. Jedan od najznačajnijih primjera parasitizma u moru susrećemo kod ciripedija *Sacculina carcini*, kod kojega je regresivni razvitak u vezi s parasitizmom došao tako reći do vrhunca. Tijelo sakuline tvori razgranjenu mrežotinu konaca, koji prožimlju cijelo tijelo domadara (nekih dekapoda, a najčešće obične rakovice) i sišu njegove životne sokove. Istom pod konac razvitka, koji traje 3—4 godine, izrašćuje iz rakovice s donje strane njezina zatka dio parasitova tijela u obliku smeđe vrećice, koja nosi rasplodne organe. S time u vezi nastaju u domadarovu tijelu osnovne fiziologijske promjene: prestanak rastenja i svlačenja, kod mužjaka pojavljivanje sekundarnih spolnih znakova ženke, kao smanjenje kliješta i t. d., te tako nastaje parasitska kastracija, a katkada se pojavljuju i jajnici.

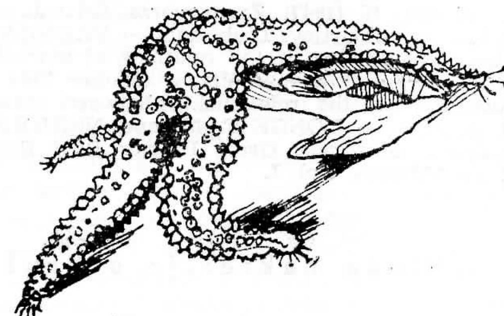


Sl. 124. — *Cyamus misticeti* (mužjak), parasit na kitovima. (Prema Lütkenu).

P r o b a v l j a n j e h r a n e. Probavi je zadaća, da se hrana pretvori u topljive jednostavnije spojeve, koji mogu difundirati kroz crijevni epitel, i iz kojih životinje mogu izgrađivati organsku građu vlastitog tijela. Probava se vrši ili u samim stanicama, a to je i n t r a c e l u l a r n a p r o b a v a ili f a g o c i t o z a, ili izvan stanica, i to je e k s t r a c e l u l a r n a p r o b a v a.

I n t r a c e l u l a r n a probava dolazi, osim kod svih protozoa, i kod nekih morskih metazoa, a u prvom redu kod svih spužava. Kod njih čestice hrane dospijevaju do ovratnih stanica, koje ih primaju, ali ne probavljaju, već taj posao vrše t. zv. putujuće stanice ili fagocite, koje od ovratnih stanica preuzimlju hranu i probavljaju je kao i jednostanične životinje. Kod ostalih morskih metazoa dolazi ili isključivo e k s t r a c e l u l a r n a probava, i to je najčešći slučaj, ili pored nje dolazi još i fagocitoza. Kod knidarija se probava vrši u probavnoj dupljí. No to ide, barem u nekim slučajevima, samo do

izvjesnog stepena, ili se odnosi samo na neke vrste hranjivih spojeva, a zatim se nastavlja i završuje intracelularno. Tako se kod moruzga i koralja mesnata hrana mehaničkim i kemijskim djelovanjem raspada u probavnom prostoru (celenteronu) u sitne čestice, koje onda preuzimlju stanice probavila, da ih do kraja probave. Kod nekih knidarija se bjelančevine probavljaju ekstracelularno u probavnoj duplji, a mast i ugljični hidrati u samim stanicama. Kod crva je općenito probava ekstracelularna i vrši se u crijevu. Fagocitoza dolazi samo kod nekih turbelarija *(Acoela)*, kod kojih umjesto crijeva naročiti probavni parenhim i putujuće ameboidne stanice vrše posao intracelularne probave. I kod puževa i školjaka dolazi pored ekstracelularne probave također i fagocitoza. Kod njih stanice naročite crijevne žlijezde, t. zv. jetra, preuzimlju i probavljaju čestice bjelančevine. Kod brodskog crva (*Teredo*) »jetrene« stanice fagocitiraju čestice drva (celulozu). Kod školjki fagocitozu vrše posebne putujuće stanice, koje se javljaju među drugim stanicama u crijevnoj šupljini i na površini škrga, te preuzimlju čestice hrane, a zatim se s njima povlače među stanice epitela ili vezivnog tkiva i tu ih probavljaju. Kod svih ostalih celomata dolazi samo ekstracelularna probava, koja se vrši u unutrašnjosti tijela. Samo kod osmokrakih glavonožaca i morskih zvijezda vrši se izvan tijela, ali u tijesnoj vezi s probavilom.



Sl. 125. — Morska zvijezda *(Asterias glacialis)* s pomoću ambulakralnih nožica otvorila je kamenicu *(Ostrea)* i izmetnutom želučanom stijenom obuhvatila meke dijelove školjke. (M e r c u l i a n o).

Hobotnica ubrizgava u rakovo tijelo probavni sok, koji rastvara njegove mekane dijelove. Pri tome njezini krakovi pridrže plijen i potpuno ga zatvaraju od pristupa vode. U isto vrijeme molusk isisava žrtvu i kad taj posao dovrši, pušta neprobavljene hitinske dijelove raka. — Morska zvijezda obuhvaća svoj plijen (poglavito puževe i školjke, koje je prethodno otvorila) nepropusno sa svih strana jako nabranim želucem, koji izvrati kroz usni otvor napolje, i tako ga probavlja (sl. 125). Po dovršenoj probavi želudac se povlači natrag ostavljajući nepromijenjenu ljušturu plijena.

Stepen probavljivosti hrane u probavilu zavisi u prvome redu od njezine hranjive vrijednosti odnosno od kemijske građe. No zavisi i od množine primljene hrane. Neke vrste hrane, uzete u većoj množini, probavljaju se i iskorišćuju u relativno manjoj mjeri nego ista vrsta hrane uzeta u manjoj množini. Radi toga kopepodni račići, kad se nalaze u prisustvu bogate vegetacije fitoplanktona, izbacuju napolje djelomično neprobavljenu hranu u obliku

zelenih fekalnih grudica, koje sadržavaju znatne količine organski vezanog dušika i fosfora i mogu da posluže za hranu drugim planktonskim i bentoskim životinjama.

L i t e r a t u r a :

DEMEL K. (1947), Życie morza, Gdansk. — HADŽI J. (1944), Turbelarijska teorija knidarijev, Ljubljana. — VAUGHAM T. W. (1934), Present trends in the investigation of the relations of marine organisms to their environement. Ecological Monographs, 4, oktober 1934. — YONGE C. M. (1931), The significance of the relationship between corals and Zooxanthellae, Nature, 128, London. — YONGE C. M. and NICHOLS A. G. (1933), Studies on the physiology of corals. Great Barrier Reef Expedition 1928—29. Scient. Rep. British Museum, Vol. I.

U l o g a b a k t e r i j a u k r u ž e n j u m a t e r i j a

I bakterije su, osim nekoliko izuzetaka, heterotrofna bića, pa su stoga i one upućene na gotovu organsku hranu, koja je proizvedena u biljnim stanicama. Stoga i one vrše važnu ulogu u kruženju organske tvari u moru. Naročita važnost i značenje bakterija leži u tome, što mogu razarati svaku organsku tvar: biljnu i životinjsku, živu, a isto tako i uginulu u leševima. One razaraju organsku tvar do kraja, t. j. do najjednostavnijih anorganskih spojeva, iz kojih je izgrađena. Niz prijetvorbi, koje nastaju životnom djelatnošću bakterija, a koje vode s jedne strane do izgradnje bakterijskih stanica, a s druge do redukcije organske tvari u najjednostavnije anorganske spojeve, nazivamo skupnim imenom r a s t v a r a n j e ili t r u l j e n j e o r g a n s k e t v a r i.

R a s t v a r a n j e o r g a n s k e t v a r i u m o r u najznatnija je djelatnost morskih bakterija i od osnovne je važnosti za održavanje života u moru. Njime se konačno oslobađaju iz mrtvih leševa spojevi ugljika (CO_2), dušika (NH_3) i fosfora (PO_4). Na taj se način ove važne i od česti rijetke tvari oslobađaju u obliku, u kome jedino mogu opet poslužiti autotrofnim biljkama za hranu i preko njih ponovo ući u promet organske tvari. Bez bakterijskog razaranja ove bi organske tvari trajno ostale kao ukopane u mrtvim ostacima organskih bića, i život u moru ubrzo bi se pretvorio u gomile leševa.

Bakterijsko djelovanje vrši se u prisutnosti ili odsutnosti kisika. Neke bakterije rastvaraju organske tvari samo u prisustvu kisika (aerobne bakterije), druge samo u odsutnosti (anaerobne), dok neke to mogu činiti i u prisutnosti i u odsutnosti kisika (fakultativno anaerobne). Poput ostalih živih bića i bakterije proizvode enzime, koji mogu netopljive organske tvari prevesti u topljive oblike i tako omogućiti potrebne reakcije.

U nekim slučajevima mogu vjerojatno sami enzimi, bez bakterija, izvršiti promjene, kojih je konačni rezultat oslobađanje amonijaka i fosfata iz njihovih organskih spojeva (N e w c o m b e et B r u s t).

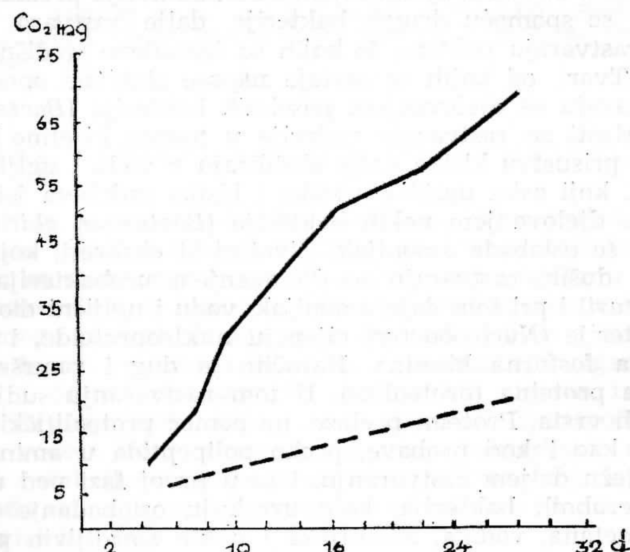
Razne organske tvari rastvaraju se konačno u različne spojeve, i pri njihovu rastvaranju sudjeluju opet različne bakterije. Šećeri se ili potpuno oksidiraju, uz tvorbu vode i ugljičnog dioksida, ili nepotpuno, i tada nastaju neke organske kiseline, kao mliječna, maslačna i octena, pa ugljični dioksid i metan, koji se dalje oksidira u ugljični dioksid i vodu. Celuloza djelovanjem nekih bakterija prelazi u topljiv šećer, koji se spomoću drugih bakterija dalje rastvara. Naročite bakterije rastvaraju pektoze, iz kojih su izgrađene središnje lamele cvjetnica. Tvari, od kojih se sastoje napose stanične opne crvenih alga, rastvaraju se djelovanjem posebnih bakterija (*Bacterium gelaticum).* Masti se rastvaraju najprije u masne kiseline i glicerin, a oni se u prisustvu kisika dalje oksidiraju u vodu i ugljičnu kiselinu. Hitin, koji osim ugljika, vodika i kisika sadržava još i dušik, rastvara se djelovanjem nekih bakterija (*Bacterium chitinovorum*) i pri tome se oslobađa amonijak. Životinjski ekskreti, koji također sadržavaju dušik, rastvaraju se djelovanjem urobakterija (*Urobacillus pasteuri*) i pri tom daju amonijak, vodu i ugljični dioksid. Naročite bakterije (*Nucleobacter*) cijepaju nukleoproteide, i pri tome se oslobađa fosforna kiselina. Naročito je dug i zamršen proces rastvaranja proteina (proteoliza). U tom rastvaranju sudjeluje niz bakterijskih vrsta. Proteini prelaze, uz pomoć proteolitičkih enzima (proteaza), kao i kod probave, preko polipeptida u aminokiseline, koje podliježu daljem rastvaranju, i to u prvoj fazi pod utjecajem nekih anaerobnih bakterija, koje uzrokuju oslobađanje ugljičnog dioksida, metana, vodika, amonijaka i nekih smrdljivih plinova, a u daljoj fazi pod utjecajem aerobnih bakterija, dakle u prisustvu kisika, koje vode rastvaranje do kraja. Konačni rezultat rastvaranja je oslobađanje elemenata ugljika, vodika i kisika u obliku ugljičnog dioksida i vode, dušika u obliku amonijaka i sumpora u obliku sumporovodika.

Intenzitet r a s t v a r a n j a. Budući da svi organski spojevi sadržavaju ugljika, svako rastvaranje vodi do oslobađanja ugljičnog dioksida, i stoga on može poslužiti kao mjera rastvaranja. Analogno i množina amonijaka može poslužiti kao mjerilo rastvaranja bjelančevina.

Intenzitet rastvaranja zavisi, osim od fizičkih uvjeta, na pr. temperature, naročito od kemijske prirode tvari u rastvaranju. Tvari bogatije dušikom brže se rastvaraju nego siromašne. Stoga se razloga životinjska tijela brže rastvaraju od biljnih. Zooplankton, koji se sastoji pretežno od kopepoda, a sadržava nešto manje od 7.9% dušika od čitave suhe tvari, rastvara se vrlo brzo, dok ulva,

koja sadržava samo oko 1.67% dušika, rastvara se mnogo sporije (Waksman i Carey 1934). Dušik je potreban za izgradnju proteinskih spojeva bakterijskog tijela, koje se izgrađuju od organskih spojeva u raspadanju, pa stoga nestašica dušika u njima može biti faktor, koji ograničava umnožavanje bakterija i time rastvaranje organske tvari.

Tvari siromašne dušikom brže se rastvaraju u sredini, u kojoj ima obilno dušika. Tako fukus, koji sadržava samo 0.86% dušika, sporo se rastvara u



Sl. 126. — Utjecaj dodatka dušika na pojačanje rastvaranja (oslobađanja CO_2) kod smeđe alge *Fucus vesiculosus* u kulturi morske vode. *d*, dani rastvaranja. (Waksman, Carey i Reuszer).

čistoj morskoj vodi, dok to ide brže u morskome mulju. S istoga razloga rastvaranje fukusa znatno je intenzivnije u vodi, kojoj je dodano nešto amonijevih soli ili nitrata (sl. 126).

Rastvaranje organske tvari vrši se bez prestanka i svagdje, ako tome ne stoje na putu preniske temperature. No najintenzivnije rastvaranje vrši se na morskome dnu, jer ono sadržava najveće množine organske tvari. Naročito je bogato organskom tvari muljevito dno. Miris morskog mulja po sumporovodiku i po nekim drugim plinovima, koji zaudaraju, očit je znak intenzivnog rastvaranja organske tvari. Osobito velike mase organske tvari u raspadanju nalaze se u lukama velikih primorskih gradova, u zatvorenim fjordovima i

odijeljenim morima. Budući da je u njima nemoguće dovoljno obnavljanje kisika, koji je potreban za potpuno mineraliziranje organskih spojeva, organska materija, koja stiže iz gornjih slojeva, ne može se do kraja rastvoriti, gomila se u velikim količinama, rastvara se polagano i djelomično i izvorom je velikih množina otrovnih plinova, osobito sumporovodika, koji onemogućuje bilo kakav životinjski i biljni život na takvom dnu. Najbolji primjeri za to su Crno i Kaspijsko more (str. 171).

Morski detritus i humus. Neposredna posljedica rastvaranja biljnih i životinjskih tjelesa u moru je tvorba detritusa. Lešine biljaka i životinja pod utjecajem bakterijskog djelovanja, uz pomoć mehaničke snage vode, raspadaju se konačno u prašinu, koja je vrlo lagana i može lebdjeti u vodi, dok se s vremenom ne staloži na mirnijim mjestima morskog dna. Ova organska tvar u obliku prašine, u zajednici s anorganskim česticama koje lebde, naziva se detritus.

Detritus je ponajviše biljnog porijekla. Stanične opne biljaka do izvjesne su mjere otporne protiv bakterijskog djelovanja, i njihovi ostaci mogu potrajati dulje vremena u suspenziji ili na morskom dnu, a da se sasvim ne rastvore. U obalnoj zoni, gdje je vegetacija »morskih trava« bogata, ona u pretežnoj mjeri sudjeluje u tvorbi detritusa. To biva stoga, što morske životinje troše zosteru i druge morske trave samo u neznatnoj mjeri, a s druge strane celulozne opne ovih biljaka jako su otporne protiv potpunog rastvaranja. Na taj način vegetacija morskih trava prelazi skoro sasvim u detritus.

U tvorbi detritusa sudjeluju i celulozni ostaci planktonskih peridineja. No budući da one u znatnoj mjeri postaju plijen planktonskih životinja, a iznad velikih dubina se i potpuno rastvaraju, prije nego dospiju do dna, tek dio njih prelazi u detritus. Od manjeg su značenja alge, a naročito crvene, jer njihove opne po smrti nabubre i ubrzo se sasvim rastvaraju. I meki dijelovi morskih životinja brzo podliježu djelovanju bakterija i lako se rastvaraju, pa stoga mogu samo kraće vrijeme sudjelovati u tvorbi detritusa. Relativno više sudjeluju neki njihovi tvrdi i teško rastvorljivi dijelovi, kao hitinski ostaci rakova i organski ostaci ljuštura mekušaca.

Masa detritusa u moru je bez sumnje golema. Na osnovu istraživanja, koja su izvršena spomoću centrifuge, zaključuje se, da je masa detritusa u slobodnoj vodi općenito znatno veća od planktonske mase (Boysen-Jensen 1914). Budući da detritus postaje od morskih trava i od planktonskih i bentoskih alga, a ove biljke rastu ili isključivo, kao morske trave, ili najbujnije u uskom obalnom pojasu, i tvorba je detritusa u tom pojasu najobilnija. No on ne ostaje trajno na mjestima svoga postanka, nego se, a to je vrlo

važno za rasprostranjenje bentoske faune, iz uskog pojasa obalnih voda više ili manje jednolično širi na golemim prostorima, dok se ne staloži na mirnim mjestima morskog dna. T a l o ž e n j e d e t r i t u s a dovodi morskom dnu velike mase organske tvari.

S t e p e n t a l o ž e n j a, t. j. masa, koja se taloži na jedinici plohe i u jedinici vremena, može se iznaći spomoću k o l e k t o r a, kakav su upotrebili P e t e r s e n i B o y s e n-J e n s e n (1911, 1914). To je stakleni cilindar, koji se izlaže neposredno iznad morskog dna. Spomoću njega su spomenuti istraživači našli, da brzina taloženja detritusa u danskim vodama — u dubinama od 7 do 14 metara — iznosi od 0.7 do 22.4 gr na četv. metru u jednom danu.

Staloženi detritus tvori na nekim područjima morskog dna, kao na pr. u danskim fjordovima, na površini mulja 1—2 mm tanak sloj smeđe boje. Čestice ovog sloja pokazuju pretežno reakciju na pektine (bojadišu se s pomoću rutenijeva crvenila) i potječu pretežno od ostataka bentoske vegetacije, a čestice dalje od obale pokazuju u većoj mjeri reakciju na celulozu (modra boja spomoću klorcinkjoda) i potječu pretežno od planktona.

Na osnovu mikrokemijskih metoda bojadisanja P e t e r s e n i njegovi suradnici našli su, da u zatvorenim danskim fjordovima 57% čitave organske tvari gornjeg smeđeg sloja potječe od morskih trava, a 43% od planktona. U Kategatu talozi uz samu obalu potječu sa 78% od morskih trava, a u sredini Kategata samo sa 15%, dok ostatak potječe od planktona. Ovi primjeri pokazuju, da morske trave mogu biti u obalnim vodama glavni proizvođač organske tvari na morskom dnu i po tome vrlo važan dobavljač hrane bentoskih životinja, među njima i ekonomski važnih riba.

Taloženje detritusa vodi do tvorbe m o r s k o g h u m u s a. Staložene organske čestice na morskome dnu ne ostaju trajno nepromijenjene. Pod utjecajima bakterija vrše se u njima procesi rastvaranja. Ukoliko se taloži nova materija, donji slojevi ostaju djelomično ili sasvim zatvoreni od pristupa uzduha, pa se tu mogu razvijati anaerobne bakterije, a među njima i one, koje reduciraju sulfate i oslobađaju H_2S tvoreći željezni sulfid, koji se očituje svojom crnom bojom, kakva češće dolazi ispod površinskog sloja mulja. Organska materija na morskome dnu, koja potječe od detritusa i zbog bakterijskog djelovanja podliježe različnim promjenama i pokazuje naročit kemijski sastav, naziva se morski humus. Tako se naziva radi sličnosti porijekla i kemijske građe s humusom tla. Po svojoj k e m i j s k o j n a r a v i morski humus je obilježen dvjema osobinama: nejednolikim iznosom organski vezanog dušika i jednolikim omjerom između množina ugljika i dušika ($\frac{C}{N}$, W a k s m a n - C a r e y 1935). Nejednolik iznos dušika potječe od različnog stepena rastvaranja.

I humus je podložan rastvaranju, kako to dokazuje prisutnost ugljičnog dioksida i amonijaka, koji se iz njega razvijaju. Rastvaranje je humusa, zbog

njegove otpornosti, vrlo sporo, i da nije tako, ne bi ga bilo na morskom dnu u onim količinama, u kojima dolazi. No premda je sporo, dovoljno je, da namiri soli i energiju, koje su potrebne za život bakterija morskog dna. Koliko rastvaranje humusa više traje, toliko on sadržava relativno veći iznos dušika.

Druga osobina morskog humusa je približno stalan omjer između množine ugljika i dušika. Ovaj omjer u humusu danskih voda iznosi 10 :1. Približno isti omjer ustanovljen je i za humus velikih dubina, tako na pr. za onaj, koji je sabrala I n g o l f o v a ekspedicija u dubinama između 600 i 2.200 m, gdje je nađen razmjer 10.2 : 1 (K r o g h 1931).

K o l i č i n a i p o d j e l a h u m u s a na morskom dnu zavise od tri faktora: gibanja vode, njezine plodnosti, t. j. bogatstva planktonske i bentoske vegetacije i od visine stupca vode iznad morskog dna. Što je gibanje vode jače, to je taloženje organskih, a i anorganskih čestica slabije. To je razlog, zbog kojega hridinasto dno sadržava malo organske materije, dok pjeskovito sadržava u znatnim, a muljevito obično u vrlo znatnim množinama. Općenito rekavši postoji pravilan odnos između veličine staloženih anorganskih zrnaca dna i množine organskih ostataka na njemu. I tako gibanje vode određuje ne samo vrstu morskog dna, nego i njegov sadržaj na organskoj materiji. Množina humusa na morskome dnu zavisi i od stepena produktivnosti vode iznad dna. Što je u tim vodama bogatija bentoska vegetacija, a naročito vegetacija morskih trava, i što je gušće naselje pelagijskih bića, to je gušća »kiša« njihovih tjelesa, koja pada na dno i stvara obilniji humus.

Takvo bogatstvo susrećemo osobito u zatvorenim obalnim i plitkim vodama, kao što su na pr. danski fjordovi, u kojima ugljik zauzimlje do 10.2%, a prema tome organska tvar do 20% od suhog mulja, dok u otvorenijim vodama Kategata ugljik zauzimlje oko 2%, a u otvorenim vodama Sjevernog mora, daleko od naselja bentoske vegetacije, samo oko 0.35%.

Konačno množina organske materije na morskom dnu zavisi i od visine stupca vode iznad njega. Organske čestice se u vrijeme tonjenja rastvaraju, pa ako je visina stupca vode velika, bakterije imaju dovoljno vremena, da organsku tvar potpuno rastvore, već dok ona tone.

Prema P ü t t e r u sve organske čestice moraju se potpuno rastvoriti već na svom putu od površine do tri tisuće m. dubine. Na dugom putu otapaju se i tvrdi dijelovi, tako vapnenačke kućice globigerina, koje ne dospijevaju niže od 5000 m dubine. Morski humus, koji u dubinama većim od 5000 m dolazi samo u tragovima, potječe uglavnom od bentoske faune.

Značenje morskog humusa u ekonomiji morskog života od goleme je važnosti, jer se on od česti pretvara u tjelesnu građu morskih životinja i bakterija i morsko dno čini povoljnim prostorom za razvitak bentoske faune.

Otopljena organska tvar u moru. Veći dio organske tvari u moru ne nalazi se u tijelu biljaka i životinja i u njihovim ostacima (detritusu i humusu), nego u koloidnoj i pravoj otopini, koja pravi goleme zalihe potencijalne hrane. Postanak otopljene organske tvari još nije dovoljno objašnjen, iako se pripisuje poglavito rastvaranju organske građe spomoću bakterija. Manjim dijelom potječe od životinjskih ekskreta, a tek možda vrlo malen dio dolazi iz živih biljaka.

Pütter je mislio, da planktonske alge zadržavaju u svojem tijelu samo desetinu proizvedenog šećera, dok sav ostatak izlučuju u vodu, i da odatle potječe glavni dio otopljene organske tvari u moru. — Gaarder i Gran također su našli u svojim pokusima, da neke planktonske alge kod jakog svijetla puštaju u vodu 3 do 5 puta više asimilata, nego ih zadržavaju u svojem tijelu. Prema Braarudu i Föynu *Chlamydomonas* i *Carteria* su izlučivale u vodu do 30% proizvedene organske tvari. Nasuprot tome, u pokusima Krogha i Langea alge su izlučivale samo 5—10% asimilata, a u pokusima Marshala i Orra dijatomeja *Coscinosira polychorda* nije uopće izlučivala u vodu nikakvih organskih spojeva. Krogh (1930), koji je kritički istražio sve odnosne radove, a i sam izvršio opsežna istraživanja, misli, da tek 5 do 10 procenata otopljene organske tvari u moru potječe od izlučivanja živih alga, dok sav ostatak, t. j. barem 90 procenata, potječe od rastvaranja mrtvih organizama i njihovih ostataka. Ovo Kroghovo mišljenje danas se smatra najvjerojatnijim, ako i ne dokazanim.

Narav otopljene organske tvari vrlo je slabo poznata. Omjer između množina ugljika i dušika u izvjesnim je granicama stalan i kreće se između 6—10 : 1 (Krogh). Ovaj odnos sjeća na prirodu huminskih tvari. Zbog toga se misli, da se bar dio otopljenih organskih tvari sastoji od »huminskih« spojeva, koji su vrlo otporni prema rastvaranju. Takvi stabilni organski spojevi dolaze od rastvaranja planktona i u slatkovodnim jezerima (Birge i Juday), u kojima ima pravih huminskih kiselina ili njihovih soli u otopini, pa takvih huminskih ili njima sličnih otpornih organskih tvari ima vjerojatno i u morskoj vodi.

Količina otopljene organske tvari u moru određuje se ili iznosom ugljika kao najznatnijeg elementa svih organskih spojeva, koji čini približno polovinu čitave organske tvari, ili iznosom dušika.

Metode određivanja otopljenog i organski vezanog ugljika i dušika u vodi opisali su Krogh i Keys.
Množina otopljene organske tvari određuje se titriranjem permanganata. On u kipućoj otopini daje kisik, koji oksidira prisutnu organsku tvar. Metoda se sastoji u tome, da se mjeri količina permanganata, izražena u kub. cm $\frac{n}{100}$ kalijeva permanganata, koja je potrebna, da se oksidira čitava

organska tvar u otopini. Metodu je detaljnije opisao Krogh (1931). Njezina vrijednost je vrlo problematička, a glavni nedostatak joj je u tome, što daje samo relativne vrijednosti. Zato za određivanje otopljene organske tvari neki upotrebljavaju posebnu biologijsku metodu. Vodeni uzorci za istraživanje drže se, zasićeni uzduhom, dulje vrijeme (do nekoliko mjeseci) u zatvorenim bocama i bilježi se postepeni pad kisika, koji troše prisutna živa bića, a naročito bakterije, radi oksidiranja otopljene organske tvari. Pad kisika je razmjeran količini otopljene tvari i može se smatrati njezinim mjerilom. Metodu je opisao Atkins (1921). Njezin je nedostatak naročito u tome, što njome ustanovljeni iznosi predstavljaju samo minimalne vrijednosti, jer prisutni organizmi mogu oksidirati samo dio otopljenih spojeva.

Masa otopljene organske tvari u moru doista je vrlo velika, iako se podaci dosadašnjih istraživanja o tome znatno razilaze. Prema istraživanjima, koja su izvršena najnovijom metodom Kroghovom i Keysovom (1934, metoda direktnog spaljivanja), morska voda općenito sadržava oko 0.2 mg dušika i 6 do 10 puta toliko ugljika, t. j. 1.2—2 mg ili oko 2.4 do 4 mg otopljene organske tvari u litri vode (Keys, Christensen, Krogh 1935). Približno jednaka koncentracija dolazi u površinskim i u dubljim slojevima, ali veći iznosi dolaze u obalnim nego otvorenim vodama, veći ljeti nego zimi.

Raben je našao u zapadnom Baltiku približno 3 mg organski vezanog ugljika u litri vode, a u Kielskom zalivu, u blizini kopna 11 do 14 mg u litri, ili — pod pretpostavkom, da su to ugljikohidrati — 30 kalorija u Baltiku, a 110 do 140 u Kielskom zalivu. Slične podatke donose Gran i Ruud za fjord Oslo. Prema istraživanjima Kroghovim litra morske vode sadržava oko 2.36 mg ugljika ili nešto preko 5 mg otopljene organske tvari u litri (5 grama u kub metru).

Premda se podaci o masi otopljene organske tvari u morskoj vodi ne podudaraju, ipak svi upućuju na to, da ona čini najveći dio organske materije u moru. Prema mišljenju nekih istraživača (Waksman-Carey 1935) ta se masa odnosi prema cijeloj masi planktona kao 7 : 1 do 300 : 1. Ovaj odnos ostaje približno stalan cijele godine.

Slične prilike vladaju i u slatkovodnim jezerima. Birge i Juday (1926) ustanovili su za jezero Mendota, da sadržava prosječno 5.80 mg ugljika i 0.393 mg dušika u omjeru $\frac{C}{N} = 14.8$.

Prema novijim istraživanjima otopljena se organska tvar najviše koncentrira na plohama uronjenih krutih tijela i prema tome na površini morskih organizama (Harvey).

Uloga i značenje otopljene organske tvari u ishrani i metabolizmu morskog života nisu još objašnjeni te su to otvorena pitanja suvremenog istraživanja prometa organske materije u moru.

Literatura.

ATKINS W. R. G. (1921), Respirable organic matter in sea water. Journ. Mar. Biol. Assoc. XII, 4. — BIRGE E. and JUDAY G. (1926), Organic content of lake water. Bull. bureau of fisheries 42. — BOYSEN-JENSEN P. (1914), Studies concerning the organic matter of the sea bottom. Rep. Dan. Biol. Stat. XXII. — CAREY C. L. (1938), The occurence and distribution of nitrifying bacteria in the sea. Journ. Mar. Res. v. 1. — KEYS A., CHRISTENSEN E. H. and KROGH A. (1935), The organic metabolism of sea water with special reference to the ultimate food cycle in the sea. Journ. Mar. Biol. Assoc. XX, 2. — KROGH A. (1930), Über die Bedeutung von gelösten organischen Substanzen bei der Ernährung der Wassertiere. Zeitschr. vergleich. Physiol. 12. — IDEM (1931), Dissolved substances as food of aquatic organism. Rap. et Proc. Verb. 75, Copenhague. — KROGH A. and KEYS A. (1934), Method for determination of dissolved organic carbon and nitrogen in sea water. The Biolog. Bull. Vol. 67. — PETERSEN C. G. J. and BOYSEN-JENSEN P. (1911), Valuation of the sea. I Animal life of sea bottom, its food and quantity. The Dan. Biol. Stat. Vol. XX. — WAKSMAN S. and CAREY C. (1934), Role of bacteria in decomposition of plant and animals residues in the ocean. Woods Hole Coll. Repr. No 6. — IDEM (1935), Decomposition of organic matter in sea water by bacteria. I Bacterial multiplication in stored sea water. Ibidem No 57. — ZOBELL C. E. (1946), Marine Mikrobiology. Waltham S. A. D.

Lanci kruženja

Organska tvar u moru, bila ona u živim bićima ili izvan njih, u detritusu ili u otopini, ima neku hranjivu vrijednost, koja je uvjet njezinu kruženju u moru. Budući da se ona nalazi koje u živim bićima, a koje izvan njih u vanjskoj sredini, i njezino kruženje se vrši od česti između morskih organizama, a od česti između njih i vanjske sredine.

Kruženje organske materije putem hranidbe životinja može se isporediti s lancem, u kome je veći broj karika. To je lanac zavisnosti, jer vezuje dijelove života u moru, koji su zavisni jedni od drugih. Zapravo ima više lanaca zavisnosti, jer ima više kanala, kojima organska tvar kruži iz jednog dijela životne zajednice mora u drugi. No ipak razlikujemo jedan glavni lanac kruženja, a to je onaj, koji ide od fitoplanktona do zooplanktona, a od ovog do nektona i bentosa.

Hranjiva vrijednost organske materije u moru

Organska tvar, koja na prvom mjestu dolazi u račun kao hrana morskih životinja, nalazi se u tijelu morskih organizama.

Kao hrana morskih bića služe i detritus i humus, a možda djelomično i otopljena organska tvar, no hranjiva vrijednost ove dezorganizovane materije vrlo je slabo poznata. Prema Boysen-Jensenu, koji je analizirao morsko dno s obzirom na iznos probavljive tvari, organski ostaci sadržavaju neznatne količine probavljivih proteina, a prilično velike množine nedušičnih spojeva, osobito pektoza, koje neke životinje mogu probavljati.

Hranjiva vrijednost morskih organizama zavisi od njihova kemijskog sastava. U ovoj hrani razlikujemo dvije grupe spojeva: one, koji su sasvim ili gotovo sasvim neprobavljivi i stoga bezvrijedni, i one, koji su probavljivi i stoga vrijedni za hranu. Neprobavljivi su u prvom redu svi anorganski spojevi, kao kalcijev karbonat, kalcijev fosfat i kremen, a zatim i neki tvrdi organski spojevi, kao naročito hitin i od česti celuloza.

Kalcijev karbonat čini inkrustacije vapnenačkih alga, skelete koralja i nekih briozoa, kućice foraminifera, inkrustacije rakova i skelete bodljara. Kalcijev karbonat u zajednici s kalcijevim fosfatom izgrađuje skelete kičmenjaka. Od kremena su ponajviše kućice dijatomeja, spikule kremenih spužava i iglice radiolarija. Hitin, po kemijskom sastavu polimerni spoj monosaharida s jednom NH_2-grupom, znatno sudjeluje u izgradnji omotača (periderma) hidroidnih polipa, cijevi nekih briozoa, čekinja anelidnih crva, radula puževa i glavonožaca i u najvećoj mjeri u tvorbi kutikule rakova. Životinjski enzimi ili uopće ne djeluju na hitin, ili ga rastvaraju samo u ograničenoj mjeri. Zbog toga on izlazi iz probavila napolje sasvim ili u najvećoj mjeri neiskorišćen, i tek kasnije, posredstvom bakterija, može ponovno ući u kruženje organske tvari. Celulozu, u vodi netopljivi polisaharid, probavljaju neke životinje, kao naročito puževi i školjke. U njihovu probavilu se ona rastvara djelovanjem specifičnih enzima, bez sudjelovanja praživotinja ili bakterija, koje kod biljoždernih sisavaca i nekih kukaca (drvoždera) izazivlju rastvaranje celuloze uzrokujući neke vrste vrenja. No, općenito, i celuloza, izravno kao takva, od malog je značenja za ishranu morskih životinja.

Probavljiva i kao hrana vrijedna građa su bjelančevine, masti i topljivi ugljikohidrati, dakle tvari, iz kojh su uglavnom izgrađeni meki dijelovi živih bića. Od bjelančevina je napose izgrađena protoplazma, dok masti i ugljikohidrati čine u životinjskom tijelu rezervnu građu, koja služi kao izvor energije zbog održavanja tjelesnog metabolizma. Određenoj množini bjelančevina, masti i ugljikohidrata odgovara stalna toplinska vrijednost, koja se može izračunati spomoću kaloričkih koeficijenata.

Prema Rinkeu kalorični su koeficijenti kod morskih životinja: za bjelančevine 5.702, za masti 9.166, za hitin 4.513, za ugljikohidrate 4094.

Čitava toplinska vrijednost suhe tvari nekog organizma nalazi se po shemi: % bjelančevina × 5.702 + % masti × 9.166 + % hitina × 4.513 + % ugljikohidrata × 4.094.

H r a n j i v a v r i j e d n o s t p l a n k t o n a. U planktonu se ističu svojom veličinom osobito knidariji (hidromeduze, sifonofore, skifomeduze), ktenofore i tunikati (salpe i apendikularije), no ovi oblici imaju neobično malen procenat suhe, a još manji hranjive tvari. Tako meduza *Aurelia* ima samo 1.8% suhe, a samo 0.4 organske tvari od čitave tjelesne težine (R i n k e). Zbog toga je hranjiva vrijednost ovih relativno velikih životinja vrlo malena. Glavna masa hranjive tvari planktona nalazi se u tijelu triju grupa: dijatomeja, peridineja i planktonskih račića, u prvom redu kopepoda. Kemijski sastav organizama ovih grupa naznačen je na tablici 24.

Tablica 24

	Chaetoceras /dijatomeja/	Ceratium /peridineja/	Kopepodi	Jes. plankt.
Hitin			4.8	
Bjelančevine	10.0	13.0	59.0	37 5
Masti	2.8	1.3	7 3	3.3
Topljivi ugljikohidrati	22.0	39.0	22.5	22.2
Celuloza		41.5		26.9
Kremen	65.2			}10.9
Pepeo		5.2	9.2	

Kemijski sastav nekih planktonskih organizama (po B r a n d t u 1898) i jesenskog planktona (jes. plankt.) Kielskog zaliva (M e y e r 1914) u procentima suhe tvari.

Od tri grupe najmanju hranjivu vrijednost imaju dijatomeje, i to zbog velikog sadržaja kremena, iz kojeg su izgrađene njihove ljušturice. Peridineje su mnogo vrijednija hrana, pa i za životinje, koje ne mogu probavljati celulozu. Najveću vrijednost imaju kopepodi. Isti iznos njihove suhe tvari, bez hitina, ima gotovo triput veću hranjivost nego jednak suhi iznos dijatomeja, ili više nego dvaput veću vrijednost od istog iznosa peridineja bez celuloze. Velika hranjiva vrijednost kopepodne hrane temelji se na velikom iznosu bjelančevina, koje čine više od polovine težine čitave tjelesne suhe tvari.

Budući da u planktonu sudjeluju sve tri navedene glavne grupe, njegova hranjiva vrijednost kao cjeline koleba se između visokih vrijednosti kopepoda i niskih vrijednosti dijatomeja, prema kvantitativnom sudjelovanju pojedinih grupa.

H r a n j i v a v r i j e d n o s t b e n t o s k i h ž i v o t i n j a. S p u ž v e sadržavaju vrlo visok postotak skeletne tvari, koja nema nikakve vrijednosti za hranu. Rožana spužva *Hircinia* ima 12% organskih spojeva, dok vapnenačka *Sycandra raphanus* ima samo 3.61%. Srednju vrijednost ima *Suberites domuncula* sa 7.6 procenata (M e y e r prema P ü t t e r u). Od toga ide na proteine 3.2%, na ugljikohidrate (glikogen) 3.85, a na masti samo 0.63%.

Prema tome ugljikohidrati čine glavnu rezervnu tvar spužava. 100 grama svježe spužve sa 7.6 procenata organske tvari ima toplinsku vrijednost od 39.327 kal. Jedan gram suhe spužve (bez vode) ima vrijednost od 1.747 kal. Prema tome *Suberites*, a i druge spužve sadržavaju priličan iznos organske tvari i imaju znatnu toplinsku vrijednost. No i pored toga one malo služe za hranu morskim životinjama, a to zbog velikog iznosa tvrde anorganske tvari (kremene ili vapnenačke) ili neprobavljive organske (rožane).

Od koralja m o r u z g e se ističu znatnim količinama organske materije. Svježa *Anemonia sulcata* ima 9.53% hranjive tvari, dok ostatak ide na vodu (87.2%) i na pepeo (3.23%). Od 9.53 procenata 3.94% ide na bjelančevine, 4.74% na ugljikohidrate, a 1.10 na masti (P ü t t e r).

100 grama svježe moruzge, sa 9.53% organske tvari, ima toplinsku vrijednost od 50.931 kal. Jedan gram suhe životinje ima vrijednost od 3.977 kal. I tako moruzga sadržava znatnu množinu vrijedne organske tvari, bez tvrdih dijelova, i mogla bi dobro poslužiti za hranu morskih životinja, da nema obrambenih knida, koje znatno smanjuju stepen njihova iskorišćivanja od drugih životinja.

Kod vapnenačkih koralja skeleti zauzimaju polovinu, a i više, od čitave težine suhe tvari, pa je stoga njihova hranjiva vrijednost vrlo malena.

C r v i nemaju u tijelu tvrdih anorganskih dijelova, i stoga je iznos pepela kod njih malen, a procenat organske tvari velik. Polihet *Nereis diversicolor* ima 25.81% organske tvari, 72.73% vode i 1.82% pepela (D e l f f 1912). Skoro dvije trećine čitave organske tvari ide na bjelančevine, naime 16.98%, ostatak je približno jednako podijeljen na masti (4.19%) i na ugljikohidrate (4.64%).

Sto grama svježeg crva sadržava 25.81 gr. organske tvari, koja odgovara toplinskoj vrijednosti od 154.221 kal. Jedan gram suhog crva ima vrijednost od 5.581 kal.

Svi poliheti ne sadržavaju jednak iznos hranjive tvari. *Scolelepis fuliginosa* ima topl. vrijednost od 4.703 kal. u gramu suhe tvari, *Nereis virens* 4.494 kal., a *Arenicola marina* samo 2.552 kal. (R i n k e 1937). Znatna kolebanja mogu potjecati djelomično od različnog iznosa anorganskih tvari (mulja) u probavilu životinja. Iznos anorganskih soli koleba se kod prije spomenutih poliheta između 1.82% (*Nereis diversicolor*) i 2.79% (nekih primjeraka *Scolelepis fulig.*). Zbog visokog iznosa hranjive tvari i odsutnosti neprobavljivog skeleta u tijelu većina poliheta su vrlo vrijedna životinjska hrana. Pored drugih bentoskih životinja, rado ih proždiru i ribe, koje ih probavljaju gotovo bez ostatka. Samo cjevaši, koji žive u jačim pješčanim cijevima, zaštićeni su u izvjesnoj mjeri od proždrljivih progonitelja.

Ehinodermi imaju više ili manje jak vapnenački skelet i stoga veliki procenat pepela. No u tom pogledu su prilike kod različnih oblika različne. Ježinci imaju općenito najmanji procenat organske tvari. On iznosi kod vrste *Echinus esculentus* samo 3.77% (M e y e r, 1914), dok ostatak ide na vodu (73.53%) i na pepeo (22.7%). Od 3.77 procenata organske tvari 1.95% ide na bjelančevine, 0.16% na masti, a 1.66 na glikogen.

Sto grama svježeg ježinca ima toplinsku vrijednost od 19.381 kal. Gram suhe tvari ima vrijednost od 732 kal. *Spatangus purpureus* ima u 100 grama svježeg tijela samo 2.5 grama organske tvari, a skoro 46 grama pepela i 301 kaloriju u gramu suhe tvari (M e y e r). Mali *Echinocyamus pusillus* ima oko 7% organske tvari, a visok procenat pepela (oko 46%, S t r u v e). To su vrlo niski iznosi hranjive tvari, i oni pokazuju, da su ježinci vrlo mršava hrana.

Ježincima su slični, s obzirom na procenat organske tvari, ofiuroidi. Tako *Ophiura albida* ima 6.97% organske tvari (S t r u v e i K a i r i e s), dok ostatak ide na vodu (36.87%) i naročito na pepeo (56.2%).

Morske zvijezde imaju znatno veći procenat organske tvari. *Hippasterias phrygiana* sadržava u 100 grama tjelesne težine 13.18 grama organske tvari, 74.32 gr vode i samo 12.5 gr pepela (M e y e r). Organska tvar sastoji se pretežno od bjelančevina (11.91%), a malen ostatak od 1.27% odnosi se na masti.

Sto grama svježe zvijezde ima toplinsku vrijednost od 79.551 kal., a jedan gram suhe tvari odgovara vrijednosti od 3.097 kal.

Tablica 25

Ime životinje	100 gr svježeg tijela ima kalorija	Množina org. tvari prema pepelu
Echinus esculentus	19 381	3.77 : 22.7
Hippasterias phrygiana	79.551	13.18 : 12.5
Cucumaria grubei	88.640	16.40 : 4.6

Od svih ehinoderma najveći procenat organske tvari imaju trpovi. *Cucumari grubei* sadržava u tijelu 16.4% organske tvari, ostalo ide na vodu (79.0%), a tek malo (4.6%) na pepeo. Od organske građe najveći dio, naime 9.9%, ide na bjelančevine, znatan dio (5.4%) ide na ugljikohidrate, a mali ostatak od 1.1% na masti (P ü t t e r).

Sto grama svježeg trpa sa 16.4 gr organske tvari ima toplinsku vrijednost od 88.640 kal. ili 4.220 kal. u gramu suhe tvari.

Pregled hranjivih vrijednosti kod pojedinih tipova ehinoderma vidi se u tab. 25.

Različne toplinske vrijednosti kod pojedinih tipova ehinoderma dolaze od različnog omjera između množina organske tvari i iznosa pepela, koji potječe od vapnenačkog skeleta. Ovi omjeri su približno: kod ježinca kao 1 : 6, kod morskih zvijezda kao 1 : 1, a kod trpa kao 3.5 : 1. Prema tome hranjive vrijednosti kod ehinoderma rastu s redukcijom skeleta, pa stoga morske zvijezde, a naročito trpovi sa jako zakržljalim vapnenačkim skeletom imaju visoke toplinske vrijednosti.

Time se tumači pojava, da mnoge proždrljive ribe, osobito morski psi, napadaju zvijezde. Inače općenito bodljari nisu važni za ishranu morskih životinja, a to zbog prisutnosti vapnenačkih elemenata.

Od velike su važnosti kao hrana morskih životinja moluski. Morski puževi i školjke imaju u kućicama oko 95% kalcijeva karbonata i oko 5% konhiolina i stoga visok procenat pepela. Puž *Littorina littorea* sadržava u mekim dijelovima 20.66% organske tvari, 74.76% vode i samo 4.58% pepela (D e l f f 1912). Skoro dvije trećine hranjive tvari, t. j. 13.59%, ide na bjelančevine, 5.23% na glikogen, a 1.84% na masti.

Sto grama svježeg puževa mesa ili 20.66 gr njegovih organskih spojeva imaju toplinsku vrijednost od 115.766 kal., a jedan gram suhe tvari ima 4.586 kal. Prema tome puž ima visoku hranjivu vrijednost. No to se odnosi samo na njegove mekane dijelove, bez kućice. Budući da se suha tvar kućice odnosi prema suhoj tvari mekih dijelova kao 3.17 : 1 (D e l f f), sto grama puža s kućicom ima toplinsku vrijednost od samo 27.761 kal.

Školjka *Mya arenaria* ima u mekanim dijelovima tijela 9.23% organske tvari, 86.38% vode, a 4.39% pepela (D e l f f). Organska tvar sastoji se naročito od bjelančevina, na koje ide 7.64%, na ugljikohidrate ide 1.17%, a na masti samo 0.42%.

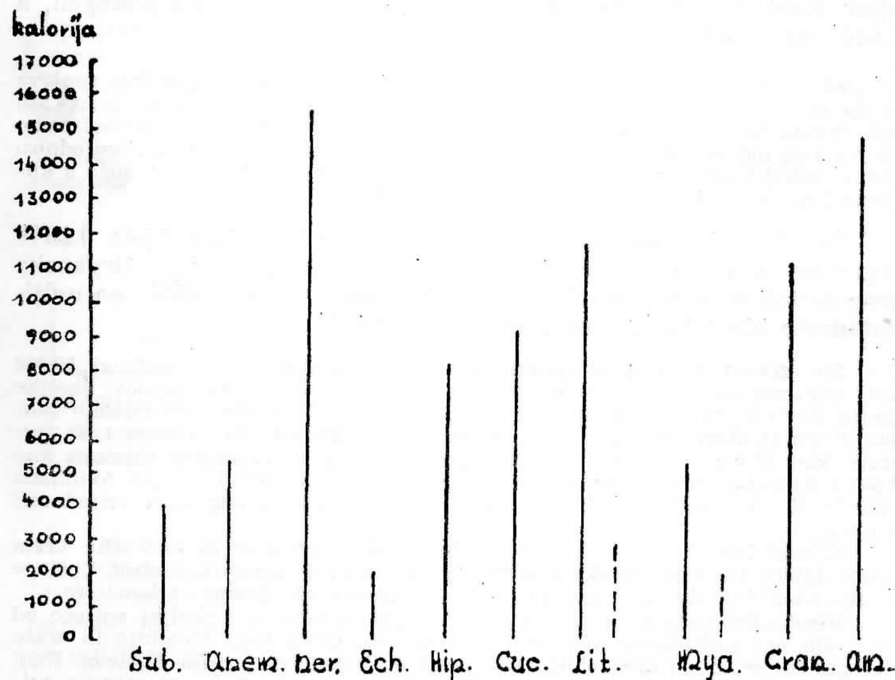
Sto grama svježeg školjkina mesa ima toplinsku vrijednost od 52.202 kal.; odnosno 3.832 kal. u gramu suhe tvari. Prema tome meki dijelovi školjke imaju dosta visoku hranjivu vrijednost. Uzmemo li u obzir i nevrijednu tvar školjkinih ljuštura, hranjivost je znatno manja. Budući da se suha tvar ljušture kod M y a a r e n a r i a odnosi prema suhoj tvari mekih dijelova kao 2.26 : 1 (D e l f f), sto grama svježe školjke zajedno s ljušturom ima toplinsku vrijednost od samo 16.012 kal., a to je vrijednost, koja odgovara vrijednosti ježinca.

Odnosi između masa tvrdih i mekanih dijelova nisu ni kod istih vrsta stalni. Mlađe i manje jedinke imaju relativno laganije ljušture. Slabije ljušture dolaze i kod jedinki, koje rastu u vodi siromašnoj kalcijevim karbonatom.

Visoka hranjiva vrijednost mekanih dijelova puževa i školjki potječe od toga, što oni sadržavaju malene iznose pepela. Osim toga životinje ih traže i stoga, što se mogu upotrebiti za hranu i odijeljeno od tvrdih dijelova. Radi toga naročito školjke imaju vrlo velik broj neprijatelja. Tako se morske zvijezde hrane skoro isključivo puževima i školjkama. Njima se koriste u znatnoj mjeri i mnoge bentoske ribe, tako na pr. plosnatice, koje žderu mlade školjke i one s tankom ljušturom čitave, dok kod većih oblika, koji su zaštićeni jačim ljušturama, napadaju samo stopala (R i n k e - H e r t l i n g 1937). Školjke imaju neku važnost i za hranu čovjeka.

R a c i služe za ishranu mnogih životinja u moru. Glavna su obilježja njihove kemijske građe: znatna i prilično jednolična množina hitina, velik iznos bjelančevina, malo rezervnih tvari (masti i ugljikohidrata) i znatan iznos pepela, koji potječe ponajviše od kalcijeva karbonata i kalcijeva fosfata u hitinskom oklopu. *Crangon crangon* ima u tijelu 18.34% organske tvari, 75.78% vode i 5.88% pepela (Delff). Od toga na same bjelančevine ide 16.14%. Sva rezervna tvar dolazi u obliku masti, koje ima 0.87%. Ostatak od 1.32% ide na hitin.

Sto grama svježeg rakova mesa ima, uključivo i hitin, 100.004 kal., a gram suhe tvari 4.128 kal. — Raci s jačim hitinskim oklopom imaju znatno manju hranjivu vrijednost. Tako škamp *(Nephrops norvegicus)* ima samo 3.137 kal., a *Carcinus maenas* samo 2.490 kal. u gramu (R i n k e-H e r t l i n g). Međutim veći broj bentoskih raka imaju veće toplinske vrijednosti. Tako *Praunus flexuosus* ima 4.438 kal. u gramu, a *Orchestia littorea* 4.881 kal. Planktonski kopepodi imaju općenito visoke toplinske vrijednosti, i to stoga, što im je hitinskovapnenački oklop slabije razvijen (u vezi s planktonskim načinom života).



Sl. 127. Toplinske vrijednosti (iznosi kalorija u 100 gr svježe tvari) kod: Sub., *Suberites domuncula;* An, *Anemonia sulcata;* Ner., *Nereis diversicolor;* Ech., *Echinus esculentus;* Hip., *Hippasterias phrygiana;* Cuc., *Cucumaria grubei;* Lit., *Littorina littorea;* Mya, *Mya arenaria;* Cran., *Crangon vulgaris;* Am., *Ammodytes tobianus.*

i imaju veći procenat masti. Tako *Anomalocera patersoni* ima vrijednost od 4.316 kal. Raci su vrlo vrijedna hrana morskih životinja, osobito riba. Tu dolaze u obzir naročito amfipodi, kumaceji, krangonidi, samotanci i pelagijski kopepodi. Ovi posljednji su najvažnija hrana morskih životinja, u prvom redu pelagijskih riba.

Vrlo važan izvor hrane morskih životinja su r i b e. *Ammodytes tobianus* ima u tijelu 22.13% organske tvari, dok ostatak ide uglavnom na vodu (75.4%), a tek malen dio na pepeo (2.47%, R i n k e). Od hranjivih tvari ide na bjelančevine 16.76%, t. j. više od tri četvrtine, a tek otprilike jedna četvrtina (5.37%) na masti, koje su ovdje jedina rezervna tvar.

Sto grama svježeg ribina tijela sa 22.13 grama organske tvari ima toplinsku vrijednost od 144.786 kal., što odgovara vrijednosti od od 5.885 kal. u gramu suhe ribe. Zbog visokih toplinskih vrijednosti ribe su vrlo vrijedna hrana morskih životinja i imaju brojne neprijatelje, osobito među drugim ribama.

Toplinske vrijednosti prikazane su na sl. 127. One pokazuju, da su najvrednija hrana morskih životinja crvi i ribe. Na drugom mjestu dolaze raci, a zatim mekani dijelovi moluska. Po množini organske građe u ovu drugu grupu idu i neki ehinodermi, tako morske zvijezde i trpovi, no njihovu hranjivu vrijednost uvelike umanjuje prisutnost vapnenačkog skeleta. Na trećem mjestu dolaze mekani dijelovi koralja. Najmršavija su hrana spužve i velik dio ehinoderma, a njihova nepodesnost potječe od skeleta, koji čine znatan procenat tjelesne građe.

L i t e r a t u r a.

BRANDT K. (1898), Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Planktons. Wissenschaftl. Meeresuntersuch. Neue Folge, Kiel, 3. — DELFF Chr. (1912), Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung wirbelloser Meerestiere. Ibiden, XIV. — MEYER J. A. (1914), Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung wirbelloser Tiere. Ibidem XVI. — RINKE H. und HERTLING H. (1937), Über die chemische Zusammensetzung einiger Bodentiere der Nordsee und Ostsee und ihre Heitzwertbestimmung. Helgol. wissenschaftl. Meeresunters. I. — STRUVE K. und KAIRIES W. (1928—30), Die chemische Zusammensetzung einiger als Fischnahrung wichtiger wirbellosen Bodentiere der Nordsee. Wissensch. Meeresunter. N. F. Bd. XVII. — VINOGRADOV A. P. (1934), Himičeskij elementarnyj sostav organizmov mora, čast III. Trudy biohimičeskoj laboratorii nauk SSSR VI.

Kruženje organske materije između morskih organizama

O d f i t o p l a n k t o n a d o z o o p l a n k t o n a. Organska tvar prelazi iz fitoplanktona u zooplankton posredstvom planktonskih životinja, koje se hrane planktonskim algama. Te životinje su: mnogi

protozoi, a naročito tintididi, većina planktonskih račića, osobito kopepodi i kladoceri, zatim planktonski tunikati (kopelati i salpe) i planktonske larve bentoskih životinja. Planktonski protozoi se hrane miješanom hranom ili algama.

Miješanu hranu uzimlju naročito heterotrofni flagelati, pelagijske foraminifere i radiolariji. Oni iskorišćuju za hranu jednostanične alge kao i heterotrofne malene protiste. Naprotiv tintinidi se hrane biljnim planktonom, i to pretežno peridinejama. Fitoplanktonom se hrani i *Noctiluca*. Kud i kamo najveći i najvažniji potrošači biljnog planktona su planktonski r a č i ć i, na prvom mjestu kopepodi. Budući da oni čine glavnu masu zooplanktona, oni su za pretvaranje biljne hrane u životinjsku i za kruženje organske tvari u moru od osnovne važnosti. Najveći broj kopepodnih oblika hrane se skoro isključivo biljnim planktonom. Naročito su to rodovi *Paracalanus, Acartia, Oithona, Coricaeus* i neki drugi. Neki se hrane osobito biljčicama, ali proždiru i manje račiće, tako na pr. *Temora longicornis* i *Calanus finmarchicus*. Tek manji broj kopepoda hrani se naročito zooplanktonom, naime manjim račićima, kao na pr. rodovi *Anomalocera* i *Lebidocera*. Kao hrana kopepoda dolaze na prvom mjestu dijatomeje. Među njima oni izabiru, kako se čini, diskoidne oblike, kao rodove *Coscinodiscus* i *Thalassiosira*. Oblici s dugim nastavcima, kao *Chaetoceras* ili *Bacteriastrum*, manjeg su, a možda i nikakva značenja. Pored dijatomeja kopepodima služe za hranu i peridineje i kokolitineje. Napokon važni su za njihovu ishranu jednostanični oblici bez tvrdih dijelova, kao na pr. bakterije i flagelati.

Prema mišljenju L o h m a n n o v u (1909) i E s t e r l y j e v u (1916) bakterije čine glavni dio kopepodne hrane. Tako misle i C l a r k e-G e l l i s (1936), prema kojima neki kopepodi, kao *Calanus, Centropages, Lebidocera* i *Acartia*, uzgajani u sterilizovanoj vodi ili u vodi filtriranoj preko membrane, naskoro ugibaju, dok preživljuju dulje vremena, ako je voda bila filtrirana kroz papir, koji ne zaustavlja bakterije i druge najmanje protiste, ili ako je sterilizovanoj vodi bila dodana kultura bakterija. Prema C l a r k e u i G e l l i s u dijatomeje i druge veće planktonske alge mogu poslužiti za hranu kopepodima više indirektno, naime preko bakterija, koje se hrane tim algama i njihovim ekskretima.

Vrlo važnu ulogu u pretvorbi fitoplanktona u zooplankton vrše planktonske l a r v e b e n t o s k i h ž i v o t i n j a. Ove larve barem u svojim ranijim stadijima hrane se naročito ili isključivo fitoplanktonom. Među njima su osobito važne larve školjaka i puževa, jer su od svih drugih relativno najbrojnije. Uloga tih larva je u dvostrukom pogledu važna za kruženje organske tvari u moru. One posreduju u kruženju od fitoplanktona u zooplankton, no pored toga one direktno prenose velike množine proizvedene organske tvari iz pelagijala u bental.

Važni potrošači fitoplanktona su i p e l a g i j s k i t u n i k a t i. Oni automatski filtriraju iz vode, pored raznih drugih planktonskih bića i neživih čestica, veliku masu planktonskih biljčica.

K r u ž e n j e u z o o p l a n k t o n u. Planktonske životinje, koje se ne hrane fitoplanktonom, proždiru manje oblike zooplanktona. Pretežno su karnivorne grupe zooplanktona: veći oblici planktonskih rakova i njihovih larva, pelagički puževi, hetognati, meduze, sifonofore i ktenofore.

Od planktonskih rakova zooplanktonom se hrane planktonski dekapodi, amfipodi, shizopodi i ostrakodi, i oni proždiru naročito manje račiće, njihove larve i planktonske larve puževa. I pelagijski puževi se hrane općenito zooplanktonom, premda gdjekoji oblik, kao pteropod *Limacina*, proždire najradije dijatomeje. Veliki potrošači zooplanktona su proždrljive sagite, koje najradije proždiru račiće, ali ne isključuju iz svoje hrane ni jedinke vlastite vrste, pa ni mlade ribice. Među potrošače zooplanktona ubrajamo meduze, sifonofore i ktenofore. Neki njihovi oblici, kao manje meduze (na pr. S a r s i a) proždiru naročito kopepode i druge račiće, no većina ih uzima vrlo miješanu hranu, u kojoj, pored račića, sagita i plaštara, ne izostaju ni najbliži srodnici, pa ni pelagijske ribice.

Općenito su veći oblici zooplanktona upućeni u svojoj ishrani isključivo ili pretežno na manje oblike zooplanktona, i na taj način organska tvar, porijeklom iz fitoplanktona, kruži iz manjih oblika zooplanktona u veće. To se kruženje katkada vrši preko više posredovnih oblika. Tako na pr. organska tvar može iz kopepoda prijeći hranidbom u sagitu, iz ove u meduzu *Sarsia*, a iz nje u skifomeduzu *Aurelia*. Na taj način nastaju u zooplanktonu sad kraći, a sad dulji lanci kruženja organske tvari.

O d z o o p l a n k t o n a d o n e k t o n a. Organska tvar prelazi iz biljnog i životinjskog planktona u nekton posredstvom nektonskih životinja. Prije svega, fitoplankton je važan faktor u ishrani nektonskih životinja. Sve pelagijske ribe troše ga u većoj ili manjoj mjeri u svojim najranijim stadijima (L e b o u r 1919). Tako haringa i srdjela jedu u vrijeme larvalnog i ranog postlarvalnog razvitka dijatomeje, peridineje i druge autotrofne protiste. Među njima neke oblike izabiraju, dok za druge, kako se po svemu čini, ne mare. Izbirljivost mladih srdjelica očita je prema tablici 26, koja prikazuje najveći broj planktonskih biljčica u probavilu srdjelica i broj stanica istih vrsta u okolnoj vodi (E r c e g o v i ć 1940).

Mlade srdjelice ne mare za dijatomeje s dugim nastavcima, a traže diskoidne oblike (*Biddulphia, Melosira*) i oblike s kraćim nastavcima (*Nitzchiella*). Sličnu izbirljivost pokazuju i mlade haringe, i u tom pogledu se oba ova klupeidska roda upravljaju slično kao kopepodi.

Fitoplanktonom se hrane i drugi nektonti u najranijim stadijima života. Tako na pr. skušice, duge 2 do 2.5 cm, hrane se najviše fitoplanktonom.

Mnogo su važnije za hranu mladih, a osobito odraslijih stadija nektona, planktonske životinje. One tvore glavnu hranu naročito klupeida, zatim nekih skombrida i nekih nektonskih sisavaca.

Tablica 26

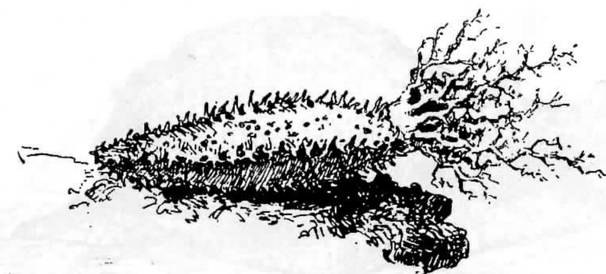
Iz trogirske luke, 31-V-1937			Iz Splitske luke, 23-VI-1940		
Vrsta	Broj stanica u lit. vode	Najveći br. stanica u probavilu	Vrsta	Broj stanica u lit. vode	Najveći br. stanica u probavilu
Chaetoceras constrictus	119.252	2	Chaetoceras spec.	126.000	0
Chaetoceras vixvisibilis	408 330	0	Thalassiothrix frauenfeldi	25.410	0
Prorocentium triestinun	9.240	3	Rhizosolenia spec.	3.644	0
Ceratium tripos	oko 200	439	Nitzchiella closterium	6.620	c. 200.000
			Biddulphia pulchella	2.318	c. 15.000
			Melosira spec.	420	c. 9 000

Klupeidi haringa, srdjela i njihovi srodnici troše već od ranije mladosti zooplankton. Prema S. M u ž i n i ć u (1936) najmanje srdjelice se hrane naročito fitoplanktonom, dok starije uzimlju pretežno zooplankton. Prema L e b o u r o v o j (1921) mlade haringe od samo 9—10 mm dužine i srdjele od 15 do 20 mm sadržavale su u probavilu često samo ostatke životinjske hrane. Kako se po svemu čini, mladi klupeidi između 10 i 60 mm dužine jedu podjednako rado biljnu i životinjsku hranu, no i u tim stadijima životinjska je važnija od biljne. Stariji, odnosno veći oblici hrane se pretežno ili isključivo zooplanktonom, iako su katkada i u želucima odraslih srdjela nađene velike množine fitoplanktona (S. M u ž i n i ć). U ranijim stadijima klupeidi proždiru od zooplanktona naročito larve puževa i školjaka, mladenačke stadije kopepoda i ciripedija, jaja kopepoda i riba i odrasle stadije manjih kopepoda. Odrasli klupeidi proždiru osobito kopepode, a u manjoj mjeri i druge planktonske i nektonske oblike.

I odrasle skuše uzimlju hranu, koja je slična hrani klupeida, i sastoji se najviše od kopepodnog planktona, a razlikuje se napose time, što u njoj sudjeluju u znatnoj mjeri i mladenački stadiji klupeida, naročito srdjele (L i s s n e r). I tunj je redoviti potrošač zooplanktona i njime se hrani naročito zimi (S c o r d i a). Među potrošače planktona ide i veliki morski pas *Selache maxima* i pločani kitovi, osobito iz porodice *Balaenidae* (*Balaena mysticetus*) i *Balaenopteridae* (rod *Balaenoptera*), koji proždiru velike mase planktonskih pteropoda (*Clio borealis, Limacina helicina*), eufauzida (*Meganyctiphanes, Thysanoëssa*) i kopepoda (naročito *Calanus finmarchicus*).

K r u ž e n j e u n e k t o n u. I u nektonu organska tvar prelazi putem hranidbe iz manjih nektonskih oblika u veće. Među nektonte, koji napadaju druge nektonske oblike, idu osobito pelagijski glavonošci, selahiji, veliki skombridi i od sisavaca dupini i zubati kitovi. Ovi veliki nektonti napadaju na drugu manju ribu i glavonošce. Mnogi od njih, kao morski psi i tunji, napadaju na sve, što im se čini valjano za hranu: od morskih ptica i sisavaca do planktona, pa i nežive predmete. Ipak najradije napadaju na ribe, koje žive u jatima, tako na skuše, srdjele i haringe, dakle na nektonte, koji u svojoj hranidbi zavise neposredno od planktona. Neke od spomenutih riba zalaze i u veće ili manje dubine i tu napadaju na bentoske životinje.

Tako se hrane morski psi, koji se rado zadržavaju u raznim dubinama. Slično i tunji, iako u manjoj mjeri. No i pored te činjenice veći nektonti hrane se pretežno nektonskom hranom.



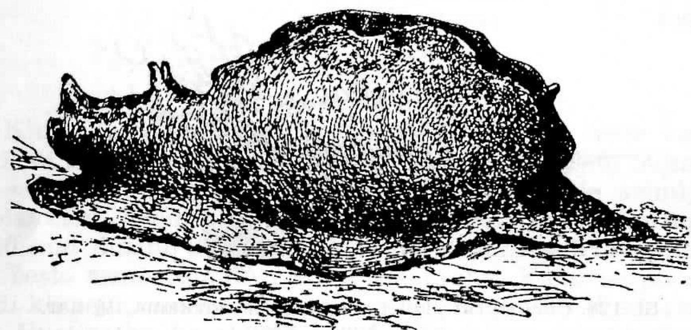
Sl. 128. *Cucumaria planci* s ispruženim lovkama, ½ nar. vel. (Aquar. neap.).

O d p e l a g i j a l a d o b e n t a l a. Organska tvar, koju je proizveo fitoplankton, prelazi dobrim dijelom i u zoobental. Taj se prijelaz vrši posredstvom larvalnih oblika bentoskih životinja, koji se svi hrane fitoplanktonom i sobom nose znatne mase organske tvari iz pelagijala u bental. Drugi važan dio organske građe prelazi iz pelagijala u bental posredstvom pelagijskih bića, koja služe za hranu bentoskim životinjama.

U kolikoj mjeri se bentoske životinje hrane pelagijskim oblicima, o tome ima prilično malo istraživanja. U plićim vodama, gdje stupac planktona seže od površine do dna, na pr. u Kanalu, veliki dio zoobentala uzima vjerojatno znatniji ili glavni dio hrane iz područja slobodne vode odnosno planktona, koji se nalazi neposredno iznad morskog dna (H u n t). To su t. zv. p o t r o š a č i s u s p e n z i j e (Suspensions feeders po H u n t u). Oni su ili nepomično prirasli na morskome dnu (sesilni) ili barem u vrijeme hranjenja ostaju na istome mjestu te spomoću različitih tjelesnih nastavaka ili strujanja vode dobivaju hranu, koja se pretežno sastoji od sićušnih

planktonskih bića, kao bakterija, dijatomeja, peridineja, malenih flagelata, tintinida, sitnih kopepoda i t. d. Ovi potrošači suspenzije mogu usput iskoristiti i stanovnike mikrobentala, kao dijatomeje i foraminifere, koje se zbog gibanja vode uzvitlaju s morskog dna. Među potrošače suspenzije idu sve spužve, serpulimorfni i terebelimorfni anelidi (*Serpula, Spirorbis, Sabella, Terebella, Pectinaria*), većina školjaka (*Venus, Pecten, Cardium*), od rakova ciripediji i neki amfipodi, briozoi, od ehinoderma krinoidi (*Antedon*), neki holoturiodi (*Cucumaria* sl. 128, *Thyone*), tunikati (*Ascidia*) i *Branchiostoma*. Ti stanovnici bentala u cjelini čine neki golemi filtar, rasprostrt naročito iznad tvrdog dna i u zoni fitala, i znatan dio organske materije prelazi kroj taj filtar iz pelagijala u bental.

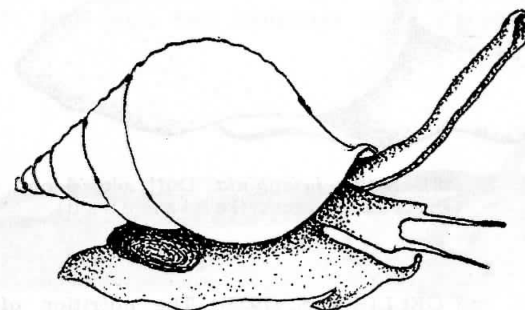
K r u ž e n j e u b e n t a l u je dvostruko: između fitobentosa i zoobentosa i u samom zoobentosu. Kruženje se vrši i z m e đ u f i t o b e n t o s a i z o o b e n t o s a, jer i biljke morskog dna sudjeluju u ishrani bentoskih životinja i tako čine drugi izvor p r a h r a n e morskih životinja, i ako je mnogo manje važan, nego što je fitoplankton. Svi članovi fitobentosa ne sudjeluju jednako u ishrani zoobentosa. Među njima su najvažnije jednostanične alge, koje u obliku finog sluzastog pokrova prekrivaju površinu mulja, pijeska, kamenja, viših alga i zostere, osobito u litoralnoj, a manje u sublitoralnoj regiji. Taj fini pokrov sastoji se ponajviše od dijatomeja, zbog kojih je većinom žutosmeđe boje, a u manjoj mjeri od zelenih i modrozelenih alga. Mnogi stanovnici zoobentosa žive od te mikroflore. Nju troše naročito mali puževi, kao *Rissoa, Trochus, Littorina, Cerithium* i t. d., koji pasu po višim algama i zosteri, ali i mnogi stanovnici pjeskovita dna, naročito crvi (kao brojni zastupnici gastrotriha, rotatorija, tardigrada, arhianelida), najzad neki raci, koji ih pobiru ili »oblizuju« s pijeska (R e m a n e).



Sl. 129. *Aplysia limacina*, ½ nar. vel. (Aquar. neap.).

I više alge, kao i morske cvjetnice, sudjeluju u živom stanju u ishrani zoobentala, no malo ima pravih fitofaga, koji se njima hrane. To su neki omnivorni oblici s jakim aparatom za grizenje i mrvljenje, kao ježinac *Echinus*, neki izopodi (*Idothea*) i amfipodi (*Gammarus*), neki puževi, kao *Littorina littorea, Acera bullata, Helcion pellucidum, Aplysia* (sl. 129), *Chiton* i *Patella*. Vrlo je malo biljožderih riba.

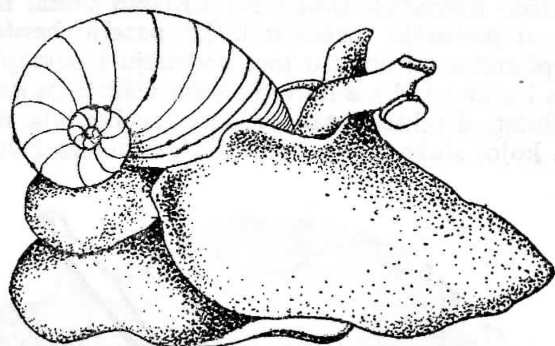
Čitavo djelovanje fitofaga kao potrošača viših alga i zostere u cjelini je prilično neznatno. Obilje životinjskih vrsta, među njima i ribe, privlače u područje morskog bilja: naselje bentoskih dijatomeja, bogati planktonski život u tom području i povoljni uvjeti sredine (množina kisika i t. d.), a ne vegetacija viših alga kao takva. Ona ne može poslužiti direktno stanovnicima zoobentala ni izdaleka u onoj mjeri, u kojoj služe biljke cvjetnice kopnenim životinjama.



Sl. 130. *Buccinum undatum*. Duljina do 11 cm. (Precrtano prema M e y e r u i M ö b i u s u).

Kruženje se vrši i u s a m o m z o o b e n t a l u. Životinje, koje primaju svoju organsku hranu iz pelagijala, fitobentosa i detritusa, možemo nazvati s a b i r a č i m a organske tvari. One sadržavaju neiscrpnu pričuvu organske građe, koja kruži, hranidbom, između njih i ostalih članova zoobentosa. Ovi posljednji ne mogu se koristiti hranom, koja potječe neposredno od bilo kojeg od spomenuta tri izvora (pelagijala, fitobentosa i detritusa), nego uzimlju živo ili neživo meso sabirača. To su karnivorne životinje, među koje idu naročito moruzge, mnogi crvi (većina nereida), veći raci, neki puževi (*Buccinum* sl. 130, *Nassa* sl. 131, *Natica*), svi glavonošci, neki ehinodermi (morske zvijezde) i skoro sve ribe. Te životinje napadaju ili na malo prije naznačene sabirače, (tako osobito na školjke, rake i crve), ili se proždiru među sobom. Neki od njih su izbirljiviji, tako morske zvijezde traže moluske, a glavonošci najradije rake, dok drugi uzimlju vrlo raznoliku hranu, tako na pr. većina riba. Ima ih,

koji se zadovoljavaju leševima, kao neki puževi (*Murex*), no većinom su grabežljivci i napadaju na žive životinje. Posredstvom karnivornih životinja organska tvar kruži u zoobentalu, i to dakako po općem načelu, da manje i slabije životinje padaju kao plijen većih i jačih napadača. Važna je posljedica ovog kruženja, da se velike mase organskih tvari prešavši iz tijela sabirača gomilaju u tijelu bentoskih riba, naročito gadida i pleuronektida, i tako postaju važne i za čovječju ishranu.



Sl. 131. *Nassa josephinia*. Dulj. oko 6 cm. (Precrtano prema Schiemenzu).

Literatura:

CLARKE G. L. and GELLIS S. S. (1935), The nutrition of copepods in relation to the food cycle of the sea. Biol. Bull. Vol. LXVIII. — ERCEGOVIĆ A. (1940), Ishrana srdjele u stadiju metamorfoze. Godišnj. Ocean. instit. sv. II, Split. — ESTERLY C. O. (1916), The feeding habits and food of pelagic copepods and the question of nutrition by organic substance in solution in the water. Univ. Colum. Publ. Zoolog. XVI, 4. — HUNT O. D. (1925) The food of the bottom fauna of the Plymouth fishing grounds. Journ. Mar. Biol. Assoc. XIII, 3. — LEBOUR M. (1921), The food of young Clupeoids, Ibidem XII, 3. — IDEM (1922), The food of plankton organisms, Ibidem XII, 4. — LISSNER H. (1939), Die Makrele des Adriatischen Meeres, Thalassia, vol. III, 8. — LOHMANN H. (1909), Über die Quellen der Nahrung der Meerestiere und Pütters Untersuchungen hierüber. Internat. Rev. Hydrobiol. Hydrogr. II. — MUŽINIĆ S. (1936), Ekološka ispitivanja na jadranskoj srdjeli. Beograd.

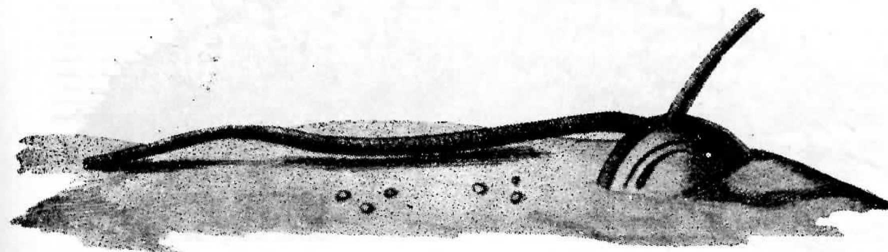
Kruženje materija između morskih organizama i vanjske sredine

Neorganizovana organska tvar, koje se nalazi u detritusu ili u otopini, može poslužiti za hranu nekim morskim organizmima. Na taj način vrši se promet organske tvari između vanjske sredine i života u moru.

Detritus i humus kao hrana morskih životinja. Uloga je detritusa i humusa za ishranu nekih životinja od goleme važnosti.

U kolikoj mjeri se pelagijske životinje hrane detritusom, o tome malo što znamo. Lohmann misli, da pored fitoplanktona detritus služi kao drugi izvor hrane planktonskih životinja. Neki istraživači (Esterly), raspravljajući o hrani pelagijskih životinja, osobito kopepoda, govore o masi organske tvari u njihovu probavilu, kojoj nije bilo moguće ustanoviti porijeklo, pa se smatra, da barem dio te mase potječe od detritusa.

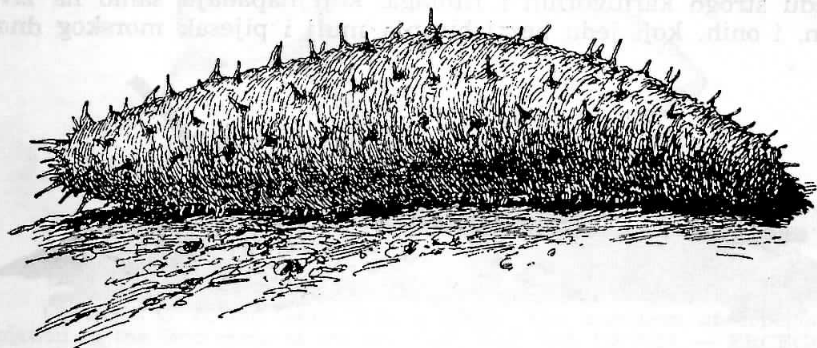
Hrana velikog dijela bentoskih životinja sastoji se naročito od organskih ostataka biljaka i životinja. Prema Blegvadu (1914) od 90 istraživanih bentoskih beskičmenjaka ima ih 69 proždirača detritusa. Ove su životinje u različitoj mjeri zavisne od detritusa. Između strogo karnivornih i fitofaga, koji napadaju samo na živi plijen, i onih, koji jedu bez izbiranja mulj i pijesak morskog dna,



Sl. 132. *Scrobicularia piperata* u pijesku (Prema Thiele-u).

ima cio niz prelaznih oblika. Najveći broj životinja hrane se i živim organizmima i detritusom. U tom pogledu sve životinje morskog dna dijelimo, ne obazirući se na biljožderne i mesožderne grabežljivce, u potrošače suspenzije, potrošače organskog taloga i proždirače morskog dna. Potrošači suspenzije, o kojima je već prije bilo govora, iskorišćuju za hranu sve primjereno velike organske čestice, koje lebde u vodi, ne samo mikroorganizme, nego i detritus. Budući da se on na svom putu iz gornjih slojeva sve više zgušćuje u donjim slojevima, vjerojatno neposredno iznad morskog dna čini glavni dio organske tvari u suspenziji i služi potrošačima te tvari kao glavni izvor hrane. U većoj mjeri zavise od detritusa potrošači površinskog taloga. Pod ovim mislimo na organsku tvar, koja je staložena na površini morskog dna, a obuhvaća sve krute dijelove organske tvari, bilo u obliku detritusa ili mrtvih, ali još neistrulih leševa pelagijskog ili bentoskog porijekla. — Potrošači površinskog taloga spomoću pseudopodija ili raznih drugih tjelesnih nastavaka

»pipaju« po površini morskog dna i kupe sve čestice organske naravi, koje im se čine prikladne za hranu: žive mikroorganizme (jednostanične alge, bakterije, foraminifere i t. d.), koji žive posred taloga, kao i detritus, koji čini znatan ili glavni dio njihove hrane. Potrošači taloga dolaze među svim važnijim grupama bentala. Već bentoske foraminifere iskorišćuju, uz mikroorganizme (dijatomeje, bakterije i t. d.) detritus, koji kupe pseudopodijima. Od crva se detritusom hrane poliheti iz porodice terebelida (*Lanice conchilega*), amfiktenida (*Pectinaria*) i spionida (*Pygospio, Scololepis*), koji žive u cijevima i spomoću dugih i pruživih nastavaka ruju po površini morskog dna i s njega pobiraju sitne čestice detritusa i uginule mikroorganizme. Od rakova se hrane detritusom neki amfipodi (kao cjevaš *Corophium*), neki kumaceji (kao *Diastylis*) i dekapodi *Calianassa* i *Upogebia*, nazvani »krtice morskoga dna«. Veliki su potrošači staloženog

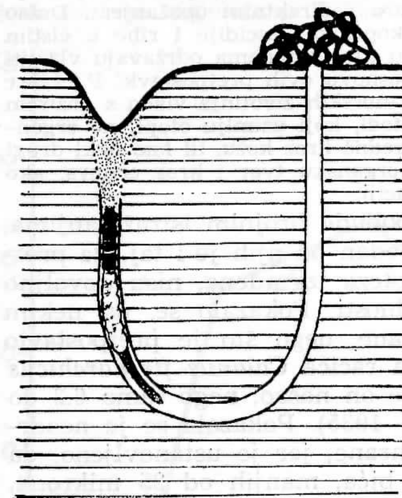


Sl. 133. *Stichopus regalis*, ½ nar. vel. (Aquar. neapol.).

detritusa školjke s naročitim usnim nastavcima, kao *Nucula*, ili s dugim slobodnim sifonima, kao *Macoma, Syndesmya, Tellina* i *Scrobicularia* (sl. 132), kojima traže hranu po površini morskog dna i usisavaju je zajedno s vodom. Detritus proždiru i puževi *Turritella* i *Aporrhais*. Od ehinoderma amo ide većina ofiuroida (*Ophiura, Amphiura*) i neki pravilni ehinoidi, kao *Echinocyanus pusillus*.

Najviše su zavisni od detritusa p r o ž d i r a č i m o r s k o g d n a. Te životinje ne pokazuju ni najmanju izbirljivost u hrani, nego proždiru mulj ili pijesak, t. j. morsko dno, na kojemu žive, a s njime i primiješane organske čestice, koje se sastoje u najvećoj mjeri od detritusa ili leševa, a u manjoj mjeri i od živih bentoskih mikroorganizama. Proždirače morskog dna susrećemo najviše među crvima i ehinodermima. Od nižih crva amo idu kinorinhi, a od viših neke porodice polihetа, kao *Capitellidae, Opheliidae, Arenicolidae,* i *Maldanidae*, kojih rodovi žive u cijevima, zatim sipunkuloidi, a od ehinoderma neki nepravilni ježinci, kao *Spatangus* i *Echinocardium*, i većina holoturioida (*Holothuria, Stichopus*, sl. 133, *Synapta*).

Kao tipičan i poznat primjer proždirača morskog dna možemo navesti ribarskog crva, *Arenicolamarina* (sl. 134), koji je rasprostranjen, obično u gustim naseljima na svim evropskim obalama. On pravi u mulju ili pijesku U-cijevi s dva otvora, od kojih je jedan nešto širi. Crv živi u cijevi glavom okrenut prema širem otvoru, i u njoj se može kretati. Kroz širi otvor se ruši u cijev mulj — zbog čega je taj otvor ljevkasto proširen — a taj mulj crv proždire i iz njega iskorišćuje organske ostatke, neprobavljive pak dijelove izbacuje napolje kroz drugi uži otvor cijevi. Na taj način je prisustvo svakog stanovnika cijevi, skrivenog u morskom dnu, označeno izvana ljevkastim otvorom i nešto dalje od njega hrpicom izmetina, koje u obliku nepravilno savijenih konopčića pokrivaju drugi otvor cijevi.



Sl. 134. *Arenicola marina* u svojoj cijevi. (Po W o h l e n b e r g u).

Važnost potrošača detritusa u ekonomiji je životne zajednice mora golema. Oni ponovo vraćaju u zajednicu znatne mase organske tvari, koje su bile iz nje ispale. Stoga su oni na neki način proizvađači žive tvari u širemu smislu, jer u ekonomiji morskog života vrše ulogu, koja je slična ulozi proizvađača u užem smislu, t. j. fitoplanktona i fitobentosa. Proždirači morskog dna od velike su važnosti i za samog čovjeka, jer se njihovim posredstvom organska tvar, koja kao takva nema nikakva značenja, pretvara konačno u meso bentoskih riba.

O t o p l j e n a o r g a n s k a t v a r k a o h r a n a m o r s k i h o r g a n i z a m a. U načelu ništa ne stoji na putu, da i otopljena organska tvar u moru posluži za hranu morskim organizmima. Prema P ü t t e r u i njegovim sljedbenicima otopljena organska tvar vrši centralnu ulogu u ishrani najvećeg dijela morskih životinja, i one suprotno svim kopnenim životinjama, koje primaju hranu isključivo ustima, pokrivaju veliki dio svoga metabolizma otopljenom hranom, koju dobivaju neposredno kroz kožu, i to preko nekih propustljivih dijelova, osobito škrga.

P ü t t e r je nastojao poduprijeti svoje mišljenje nekim pretpostavkama. Prema ovom autoru u moru je premalo krute hrane, da bi ona mogla zado-

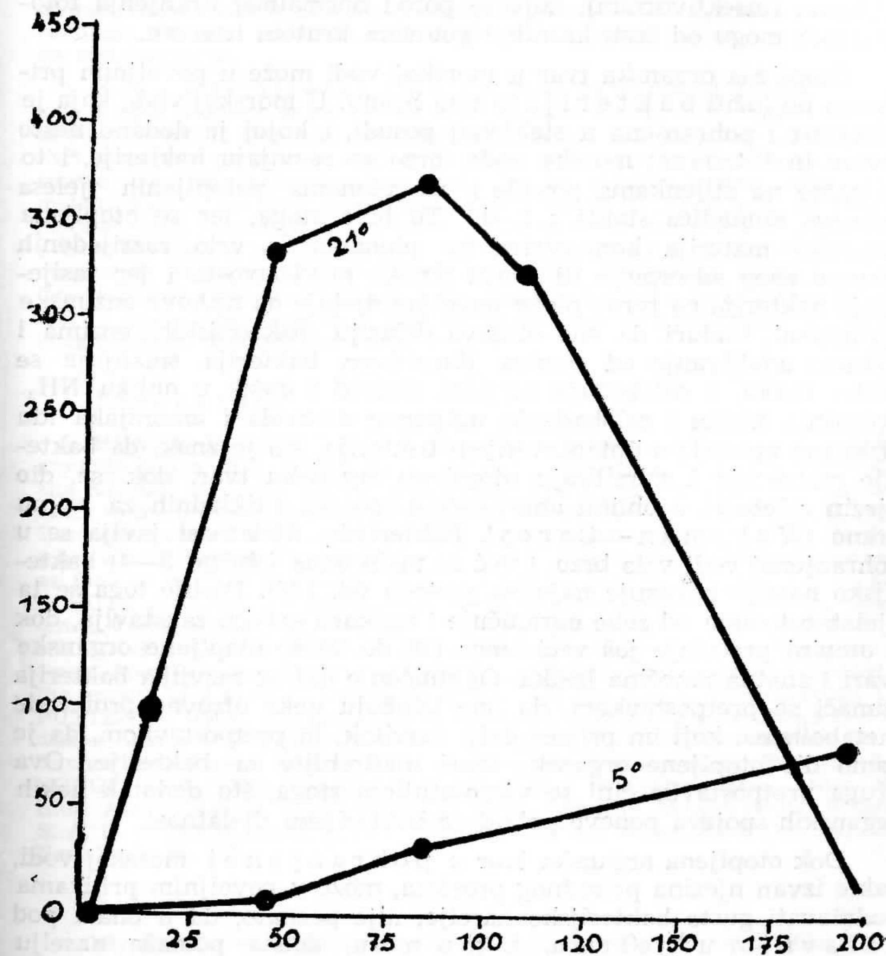
Vidi Pomorska enciklopedija T

voljiti potrebe morskih životinja. Naprotiv već relativno male množine vode, koje svakoj životinji stoje neposredno na raspolaganje, sadržavaju otopljene hrane u dovoljnoj mjeri. Iskorišćivanje ove posljednje objašnjuje pojavu, da je kod mnogih životinja, naročito kopepoda i mladih riba, kod istraživanja probavilo bilo ili sasvim prazno ili samo s neznatnim sadržajem. P ü t t e r je nastojao dokazati opravdanost svojih nazora i direktnim opažanjem. Držao je razne morske životinje, kao moruzge, kopepode, ascidije i ribe u čistim otopinama organske tvari i našao, da one u tim otopinama održavaju vlastiti metabolizam bez dodatka krute hrane. Na osnovu ovih pretpostavki P ü t t e r je došao do zaključka, da se velika većina morskih životinja vlada s obzirom na način hranjenja kao neki parasitski cestodi, koji uzimlju otopljene organske spojeve bez sudjelovanja crijeva, neposredno kroz kožu, ili kao neki drugi nametnici, koji mogu iskoristiti otopljenu organsku tvar i kroz crijeva, ako se ona nalazi u dovoljno visokoj koncentraciji.

P ü t t e r o v a hipoteza dala je pobude brojnim istraživanjima, koja su dovela do znatnih rezultata. Jedan od njih je i taj, da pretpostavke i osnove, na kojima je hipoteza izgrađena, nisu dovoljno čvrste i nemaju opće dokazne vrijednosti. Pokazalo se, da nekim životinjama treba manja količina hrane, nego što je pretpostavio P ü t t e r, da na pr. dnevna potrošnja račića *Calanus finmarchicus* ne iznosi 39% njegove težine, kako je on našao, nego samo 6.2 do 7.6% (M a r s h a l l - O r r - N i c h o l s 1935). Pokazala se je neodrživom i tvrdnja o nedostatku krute hrane, jer je ustanovljeno, da u moru ima masa nanoplanktonskih bića, manjih od 25 mikrona, o kojima P ü t t e r nije vodio računa, a koja služe za hranu mnogobrojnim životinjama pelagijala i bentala (L o h m a n n 1908). Pored toga je utvrđeno, da u moru ima neiscrpna masa organske tvari u obliku detritusa i morskog humusa, koja služi za hranu morskim životinjama, napose onima u bentalu. S obzirom na množinu otopljene organske tvari, ona je mnogo manja, nego je mislio P ü t t e r. Pojava, da je probavilo kod mnogih morskih životinja u vrijeme istraživanja nađeno prazno, objašnjena je činjenicom, da mnoge morske životinje, osobito karnivorne i larve riba, imaju vrlo brzu probavu, kao i pretpostavkom, da je u moru pojava dugotrajnog gladovanja vjerojatno mnogo češća nego na obali. Konačno, za P ü t t e r o v e se pokuse ustanovilo da sadržavaju izvore griješaka, zbog kojih nije moguće iz njih izvesti takve zaključke, da im ne bi moglo biti prigovora (L i p s c h ü t z 1913).

Drugi rezultat istraživanja oko P ü t t e r o v e hipoteze je spoznaja, da neke životinje mogu iskorišćivati za hranu organsku tvar u koloidnoj, a neke druge i u pravoj otopini. Među posljednje idu bar neki protozoi, kao na pr. *Colpidium colpoda* i punoglavci, a vjerojatno spužve (P e t e r s), školjke (Y o n g e) i morske zvijezde (K o l l e r). Ove životinje mogu upijati iz otopine neke organske spojeve, kao šećer i lecitin, ako se nalaze u dovoljno visokoj koncentraciji, i mogu na njihov račun dulje vrijeme uzdržavati se i rasti bez dodatka kakve krute hrane. Tu otopljenu hranu primaju kroz usta i crijeva, a ne kroz kožu.

Činjenica, da neke životinje mogu iskoristiti za hranu vještačku otopinu organske tvari prilično visokih koncentracija, još ne dokazuje, da te životinje s t v a r n o iskorišćuju organsku tvar u naravnoj otopini slatke ili morske vode, a to stoga, jer je koncentracija organske tvari u naravnoj morskoj vodi duboko ispod one, koja je bila u pokusima, i jer u moru, kao i u slatkim vodama, stoji na raspolaganju velika zaliha krute organske tvari.



Sl. 135. Razvitak bakterija u pohranjenoj morskoj vodi u tami pri 5° i 21°C (K e y s, C h r i s t e n s e n i K r o g h). — Apscisa naznačuje trajanje (u satima), a ordinata broj stanica (u 1 cm³ × 10³).

Prema izloženom, na osnovu dosadašnjih ispitivanja slobodno se može tvrditi, da otopljena organska tvar u moru nema ni izda-

leka onog centralnog značenja za ishranu morskih životinja, kakvo joj je pripisivao P ü t t e r. Tek neke životinje, pored uzimanja krute hrane, koje je u svakom slučaju normalan način hranjenja, mogu vjerojatno pod izvjesnim prilikama (više koncentracije i t. d.) primati iz morske sredine i otopljenu hranu, analogno nekim kopnenim biljkama (insektivornim), koje se pored normalnog hranjenja fotosintezom mogu od česti hraniti i gotovom krutom hranom.

Otopljena organska tvar u morskoj vodi može u povoljnim prilikama poslužiti b a k t e r i j a m a za hranu. U morskoj vodi, koja je filtrirana i pohranjena u staklenoj posudi, i kojoj je dodano nešto obične (nefiltrirane) morske vode, brzo se razvijaju bakterije, i to najgušće na stijenkama posude i na plohama potopljenih tjelesa (pijeska, komadića stakla i t. d.). To biva stoga, jer se otopljena organska materija koncentrira na plohama iz vrlo razrijeđenih otopina zbog adsorpcije ili druge fizičke privlačivosti, i jer zasijedanje bakterija na tvrde plohe povoljno djeluje na njihove enzimske djelatnosti, budući da ono otežava difuziju bakterijskih enzima i njihovo udaljivanje od stanica. Razvitkom bakterija smanjuje se zaliha kisika, a oslobađaju ugljični dioksid i dušik u obliku NH_3. Potrošnja kisika i oslobađanje ugljičnog dioksida i amonijaka idu približno uporedo s umnožavanjem bakterija, što je znak, da bakterije rastvaraju i asimiliraju otopljenu organsku tvar, dok se dio njezin oslobađa u obliku anorganskih spojeva prikladnih za biljnu hranu (W a k s m a n - C a r e y). Bakterijska djelatnost javlja se u pohranjenoj vodi vrlo brzo, i već za malo dana (obično 3—4) bakterijsko naselje pokazuje najveću gustoću (sl. 135). Poslije toga se ta djelatnost sama od sebe ograničuje i naskoro sasvim zaustavlja, dok u otopini preostaje još veći iznos (50 do 70%) otopljene organske tvari i znatna množina kisika. Ograničenje daljeg razvitka bakterija tumači se pretpostavkom, da one izlučuju neke otrovne proizvode metabolizma, koji im priječe dalji razvitak, ili pretpostavkom, da je samo dio otopljene organske tvari upotrebljiv za bakterije. Ova druga pretpostavka čini se vjerojatnijom stoga, što dodatak nekih organskih spojeva ponovo pobuđuje bakterijsku djelatnost.

Dok otopljena organska tvar u p o h r a n j e n o j morskoj vodi, dakle izvan njezina prirodnog prostora, može u povoljnim prilikama podržavati gusto bakterijsko naselje, nije poznato, da li ona i pod n a r a v n i m u v j e t i m a, t. j. u moru, doista pomaže naselju bakterija. Taj problem je od velike važnosti, jer morska voda sadržava golemu masu otopljene organske materije, a i zato, što bakterije služe za hranu mnogobrojnim životinjama pelagijala i bentala i čine važnu kariku u lancu kruženja organske tvari u moru

W a k s m a n i C a r e y drže vjerojatnim, da se pod naravnim uvjetima u moru otopljena organska tvar nalazi u stanju nekog r a v n o t e ž j a, koje ne dopušta ni njezino povećanje iznad ni njezino smanjenje ispod izvjesnog osrednjeg iznosa. Ovo ravnotežje je d i n a m i č k e prirode i održava se time, što se rastvaranjem organizama otapaju u vodi novi organski kompleksi, dok u isto vrijeme podjednaki dijelovi organske tvari prelaze, metabolizmom, u bakterijska tijela. Ova ne mogu porasti iznad poprečnog iznosa zbog nestašice tvrde podloge, na kojoj se koncentrira tvrda tvar, zbog antagonističkog djelovanja protozoa i drugih životinja, koje proždiru bakterije i izlučuju za njih otrovne spojeve, i zbog drugih faktora, koji ograničuju rast morskih bakterija na naravnom staništu. Z o B e l l misli, da morska voda sadržava nekog bakteriofaga, odnosno materiju, koja je neotporna protiv topline i štetno djeluje na rast bakterija.

K e y s, C h r i s t e n s e n i K r o g h drže, da stabilnost fizičkih i kemijskih uvjeta u moru uopće ne dopušta nikakvu intenzivniju bakterijsku djelatnost na račun otopljene organske tvari. Istom ako zbog fizičkih ili kemijskih promjena nastanu u vodi poremećaji, kojih narav još nije pravo objašnjena, otopljena organska tvar može jednim dijelom postati prikladna za metabolizam i razvitak bakterija. Takvi poremećaji nastaju u pohranjenoj morskoj vodi, a možda u izvjesnim prilikama i u moru. No u moru se — prema navedenim istraživačima — održava s t a t i č k o r a v n o t e ž j e, koje omogućuje samo minimalan razvitak bakterija na račun otopljene hrane. Ona bi prema tome predstavljala samo neznatnu kariku u prehrambenom lancu mora i imala bi se smatrati u najvećoj mjeri izlučenom iz organskog kruženja i izgubljenom za zajednicu života u moru.

L i t e r a t u r a :

HUNT O. D. (1925), The Food of the bottom fauna of the Plymouth fishing grounds. Journ. Mar. Biolog. Assoc. XIII, 3. — KEYS A., CHRISTENSEN E. H. and KROGH A. (1935), The organic metabolism of sea water with special reference to the ultimate food cycle in the sea. Ibidem XX, 2. — KOLLER G. (1930), Versuche an marinen Wirbellosen über die Aufnahme gelöster Nahrstoffe. Zeitschr. vergleichender Physiolog. 11. — KROGH A. (1931), Dissolved substances as food of aquatic organisms. Rapp. et Proc. verb. 75, Copenhague. — LIPSCHÜTZ A. (1913), Die Ernährung der Wassertiere durch die gelösten organischen Verbindungen. Ergebn. der Physiologie, XIII, 1. — MARSHALL S. M., NICHOLS A. G. and ORR A. P. (1935), On the biology of Calanus finmarchicus. Journ. Mar. Biol. Assoc. XX. — PETERS R. A. (1921), The substances needed for the growth of a pure culture of Colpidium colpoda. Journ. Physiology 55, 1. — PÜTTER A. (1909), Ernährug der Wassertiere und der Stoffhaushalt der Gewässer. Jena. — WAKSMAN S. and CAREY C. (1934), Role of bacteria in decomposition of plant and animals residues. Woods Hol Collect. Repr. No 6. — YONGE C. M. (1928), The absorption of glucose by Ostrea edulis. Journ. Mar. Biol. Assoc. XV, 2. — ZOBELL C. (1946), Marine Mikrobiology. Waltham S. A. D. — IDEM (1935), Bactericidal action of sea water. Proc. Soc. exp. Biol. New-York, 34, 113.

ORGANSKA MATERIJA U IZGRADNJI MORSKIH ORGANIZAMA

Vrlo znatan dio organske materije u moru sudjeluje u izgradnji morskih organizama. Dio te tvari, iz koje su izgrađena njihova tijela, naziva se njihovom b i o m a s o m. P l a n k t o n s k a b i o m a s a i z g r a đ u j e tijela planktonskih, a b e n t o s k a tijela bentoskih organizama. Obje su podijeljene koje na biljke ili f i t o m a s u, a koje na životinje ili z o o m a s u. I sa teoretskonaučnog kao i sa

praktičkog gledišta važno je poznavanje faktora, koji određuju na pojedinim mjestima veličinu biomase kao i kvantitativne odnose među njenim pojedinim dijelovima, t. j. između fitomase i zoomase. No za poznavanje veličine biomase, kao i faktora, koji određuju kvantitativne odnose među njenim pojedinim dijelovima, potrebni su prethodno poznavanje i upotreba metoda njezina određivanja.

Određivanje biomase

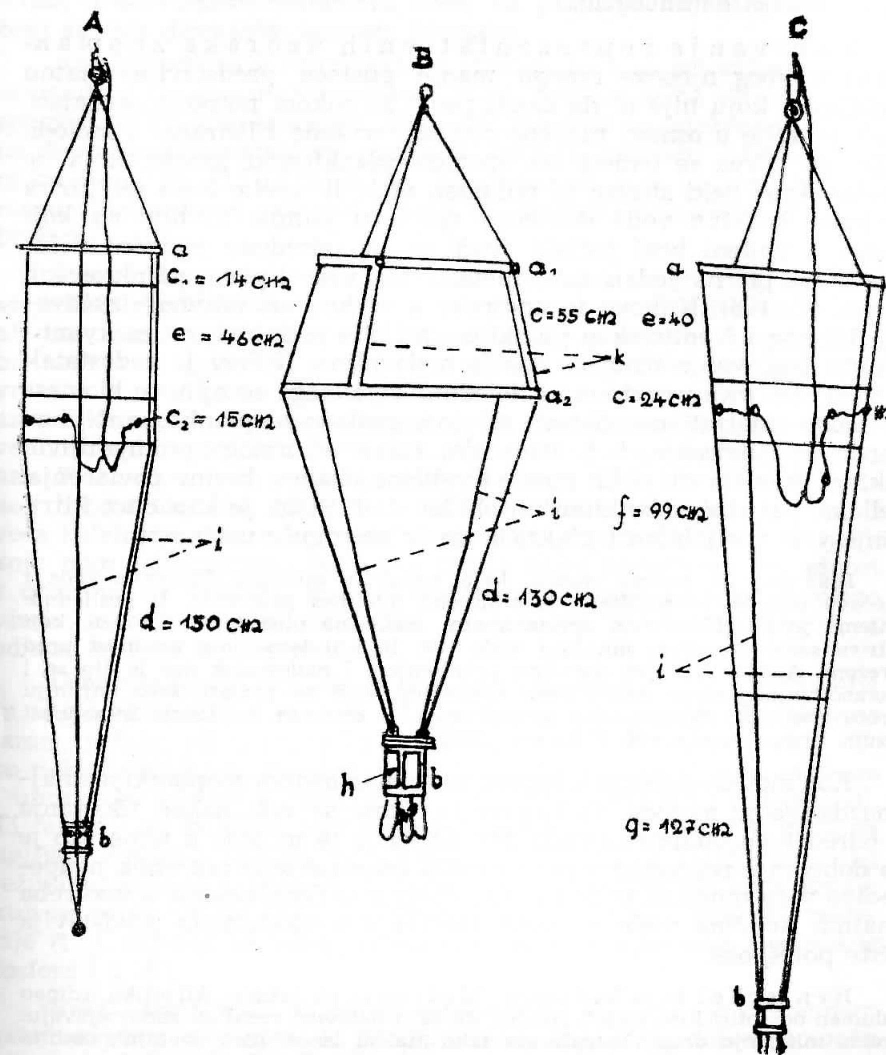
Određivanje planktonske biomase. Za određivanje planktonske biomase potrebno je dvoje: dobivanje reprezentativnog uzorka i određivanje njegova sadržaja u biomasi.

Dobivanje reprezentativnog uzorka pretpostavlja lov čitavog ili približno čitavog planktona iz volumena vode, koji je dovoljno velik, da se njegov planktonski sadržaj smije smatrati stvarnom slikom planktonske gustoće u istraživanoj vodi, a ne izrazom slučaja. Činjenica je, da je gustoća fitoplanktona neuporedivo veća od gustoće zooplanktona. Prema Hentschelu u južnom Atlantiku na pr. na jedan metazojski oblik dolazi prosječno oko 1500 protista, među kojima su pretežno jednostanične alge. Za dobivanje reprezentativnog uzorka fitoplanktona dovoljna je stoga mnogo manja množina vode nego za dobivanje reprezentativnog uzorka zooplanktona. Za dobivanje prvoga dovoljno je, u većini slučajeva, do pedesetak kubnih centimetara vode. Iz tako malenih količina vode može se biljni plankton dobiti spomoću centrifugiranja ili spomoću jednostavnog taloženja. Upotrebu centrifuge u ispitivanju planktona prvi je uveo Lohmann (1908), i ona se održala do danas. Ta nam metoda omogućuje, da planktonske stanice, raspršane po cijelom reprezentativnom volumenu vode, zgusnemo gotovo u jednu kapljicu, koja je tako pristupna neposrednom opažanju.

Metoda centrifuge ima prednost, da spomoću nje možemo dobiti organizme u živom stanju. Njezin je nedostatak u tome, što njome ne dobivamo sav plankton. Mnoge sićušne stanice, kojima je specifična težina blizu jedan ili zbog sadržane masti manja od jedan, teško dospijevaju na dno centrifugine posude. Osim toga, u posljednjoj fazi centrifugiranja, kad centrifuga prestaje da radi, t. j. kad se posuda iz horizontalnog položaja počne vraćati u vertikalni, lako nastaju vrtlozi, zbog kojih se dio staloženih stanica može ponovo uzvitlati i raspršati po vodi. Kako centrifuga daje često tek malen dio prisutnih stanica, pokazao je Allen, koji je metodom **kultura** ustanovio oko pola milijuna stanica u vodi, u kojoj je spomoću **centrifuge** bilo nađeno manje od petnaest tisuća.

Zbog tih nedostataka centrifuge od nekog se vremena sve više upotrebljava metoda mirnog taloženja, koju je tehnički usavršio Utermöhl. Po toj se metodi fitoplankton nakon fiksiranja taloži na dnu staklenih posudica.

Veličina posudica zavisi od količine vode, potrebne za istraživanje, dakle od gustoće fitoplanktona. Nedostatak je metode u tome, što traži dulje vrijeme (oko 24 sata) za potpuno taloženje stanica, a napose i u tome, što fiksiranje može da uzrokuje deformiranje i raspadanje nježnijih stanica, tako



Sl. 136. Sheme *A*, standartne mreže, *B*, Hensenove jajne i *C*, Nansenove mreže na zapor. *a*, a_1, a_2 metalni obruči; *b* čašica; *c*, c_1 i c_2 čvrsto nepropusno platno; *d* gaza br. 3; *e* končana mreža sa širokim okancima; *f* gaza br. 20; *g* gaza br. 8; *h* prozorčić od gaze na čašici; *i* užeta; *k* željezni potpornji gornjeg obruča; *m* naprava za zatvaranje. (Bückman).

naročito golih flagelata. Osim toga neki oblici, kao na pr. rod *Chaetoceras*, uzrokuju svojim dugim tjelesnim nastavcima jak otpor vode i stoga se teško talože na dno, osobito ako dolaze u velikoj množini. Ipak i pored njenih nedostataka ovom metodom dolazimo do znatno većeg iznosa stanica u istoj vodi nego metodom centrifugiranja.

D o b i v a n j e r e p r e z e n t a t i v n i h u z o r a k a z o o p l a n k t o n a zbog njegove mnogo manje gustoće predstavlja znatnu poteškoću, koju nije ni do danas pošlo za rukom potpuno savladati. Postoje dvije u osnovi različne metode: metoda filtriranja i metoda taloženja. Prva se temelji na upotrebi planktonske mreže, koja se povlači kroz neki stupac ili volumen vode ili preko koje se filtrira izvjesna količina vode dobivena spomoću pumpe ili bilo na koji način, a nađeni broj jedinki svodi se na određenu jedinicu volumena, na pr. na jedan kub. metar. Ima više tipova planktonskih mreža (sl. 136). Njihova je upotreba u svrhe kvalitativnog izučavanja biljnog i životinjskog planktona prijeko potrebna, no za kvantitativna izučavanja biomase ona je nedovoljna. Njihov je nedostatak u tome, što love nepotpuno i nejednoliko, i stoga se njihove biomase ne mogu smatrati pouzdanom mjerom gustoće zooplanktona. Njihov kapacitet filtriranja, t. j. lovljenja, zavisi od mnogo promjenljivih faktora, kao što su: oblik mreže i veličine okanca, brzine povlačenja, veličine i gustoće planktonskih oblika t. d. Stoga je kapacitet filtriranja vrlo varijabilan i praktički ga je nemoguće ustanoviti.

H a r v e y je načinio mrežu, koja registrira množinu filtrirane vode i obećava pouzdanije rezultate, iako ni ona nije bez prigovora. U posljednje vrijeme je S t. N i e l s e n opisao aparat, nalik na planktonsku mrežu, koji filtrira samo određenu množinu vode (100 l), i u tome ima prednost pred mrežom. Aparat nije još dovoljno primijenjen, i nedostatak mu je što se i spomoću njega mogu dobiti samo organizmi, koji ne prolaze kroz najfiniju mrežu (veličina okanaca oko 50 mikrona). S obzirom na lovnu sposobnost raznih tipova mreža vidi K ü n n e (1933).

Kao metoda dobivanja reprezentativnog uzorka zooplanktona najpouzdanija je metoda t a l o ž e n j a, koje se vrši nakon fiksiranja u određenom volumenu vode. Poteškoća je te metode u tome, što je za dobivanje reprezentativnog uzorka zooplanktona potrebna neuporedivo veća množina vode nego za dobivanje fitoplaktona, a upotreba znatnih količina vode u svrhe taloženja zooplanktona predstavlja očite poteškoće.

H e n t s c h e l je na krstarenju »M e t e o r a« po južnom Atlantiku uzimao volumen od četiri litre vode i smatra, da tako dobiveni rezultati zadovoljavaju. Prema mišljenju drugih istraživača tako maleni iznosi nisu dovoljni, osobito u siromašnim vodama, kakve su vode toplog Atlantika. Tu bi trebalo, prema mišljenju N i e l s e n o v u, filtrirati 100 do 200 litara vode, da se dobije dovoljno reprezentativan uzorak zooplanktona.

O d r e đ i v a n j e s a d r ž a j a r e p r e z e n t a t i v n o g u z o r k a n a b i o m a s i. Radi određivanja planktonske biomase upotrebljavaju se razne metode: brojenje, određivanje nekih fiziologijskih ili kemijskih konstanata te volumena i težine planktonskog naselja. Metoda b r o j e n j a ide za tim, da se ustanovi broj individua u određenom volumenu vode, na pr. u jednoj litri, i taj se broj smatra direktnim izrazom biomase.

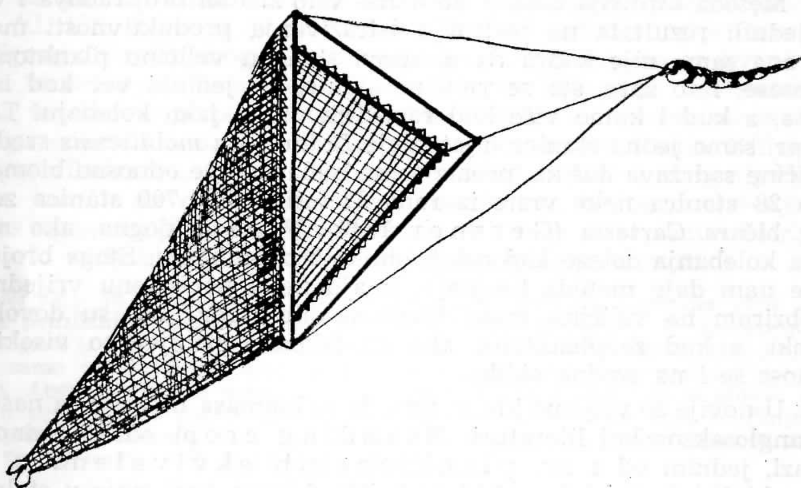
Kod određivanja fitoplanktona stanice, koje su centrifugiranjem zgusnute u skrajno malen volumen vode, prenose se na staklo i broje spomoću običnog mikroskopa. Fitoplankton, koji se taloženjem slegao na dno cilindrične staklene posudice, broji se spomoću o b r n u t o g mikroskopa po U t e r m ö h l u. Zooplankton, koji je dobiven spomoću filtriranja ili taloženja, broji se spomoću pomičnog stola za brojenje.

Metoda brojenja dala je do danas vrlo znatan broj radova i vrlo vrijednih rezultata na području istraživanja produktivnosti mora, ali ona sama nije kadra da ustanovi stvarnu veličinu planktonske biomase, i to zato, što se veličine stanica ili jedinki već kod istih vrsta, a kud i kamo više kod različitih vrsta, jako kolebaju. Tako na pr. samo jedna stanica dijatomeje *Biddulphia mobiliensis* srednje veličine sadržava dušika, prema tome bjelančevine odnosno biomase, kao 28 stanica neke vrste iz roda *Melosira* ili 1.700 stanica zelenog bičara *Carteria* (G e s s n e r 1940). Posve analogna, ako ne i veća kolebanja dolaze kod nekih oblika zooplanktona. Stoga brojevi, koje nam daje metoda brojenja, imaju neku poredbenu vrijednost s obzirom na veličinu mase fitoplanktona, samo ako su dovoljno visoki, a kod zooplanktona, ako su također primjereno visoki, a odnose se i na srodne oblike.

U novije se vrijeme ide za tim, da se biomasa ili veličina naselja (u anglosaksonskoj literaturi: S t a n d i n g c r o p) odredi, odnosno izrazi, jednim od t. zv. p l a n k t o n s k i h e k v i v a l e n a t a. To su neki fiziologijski, kemijski ili fizički faktori, koji stoje u stalnom i upravnom odnosu s biomasom i mogu je adekvatno predstavljati. Ti faktori su: količina asimilacijskog pigmenta (kod bilja), količina ugljika, dušika i fosfora, volumen i težina svježeg planktona, suha težina planktona i njegova kalorička vrijednost te količina kisika, koji se proizvodi (iz CO_2) kod sinteze odnosne mase organske materije (t. j. svježeg ili suhog planktona, biljnog pigmenta, organskog fosfora i t. d.).

Neki istraživači biomasu fitoplanktona određuju količinom asimilacijskog pigmenta. Iz fitoplanktona, koji se je dobio spomoću planktonske mreže filtriranjem ili taloženjem, otopi se spomoću shodnog otapala (acetona, metilnog alkohola i t. d.) kvantitativno sav asimilacijski pigment, i njegova se množina, koja se može ustanoviti spektroskopskim ili kolorimetrijskim putem, izrazuje u apsolutnim jedinicama.

Metodu su prvi upotrebili K r e p s i V e r ž b i n s k a j a (1930), zatim H a r v e y (1934), a u novije vrijeme obradio ju je K r e y (1939). Kao poredbeni standart H a r v e y je upotrebio otopinu, koju je dobio otapanjem 25 mg kalijeva kromata i 430 mg nikelovog sulfata u litri vode. 1 cm^3 ove otopine ekvivalentan je jednoj »pigmentnoj jedinici« ili iznosu od 0.88 tisućinki grama hlorofila (R i l e y) ili količini od 3.3×10^{-3} mg organskog ugljika (tablica 27). Ovu jedinicu pigmenta daju oko 400 dijatomeja srednje veličine iz planktona La Manchea. Metoda polazi s gledišta, da je množina asimilacijskog pigmenta proporcionalna masi fitoplanktona. — To je u načelu tačno, no treba voditi računa o činjenici, da su kvantitativni odnosi asimilacijskih boja kod raznih alga različni i da spektralni sastav i jakost svijetla na raznim mjestima u moru utječu na kvantitativne odnose boja i kod istih alga. Zbog toga promjene boje i jakosti svijetla i promjene u naselju alga preko godine i u raznim dubinama imaju kao posljedicu kolebanje količine asimilacijskih boja i kod iste biomase alga. Stoga upotreba ove metode može dati samo više ili manje grubu

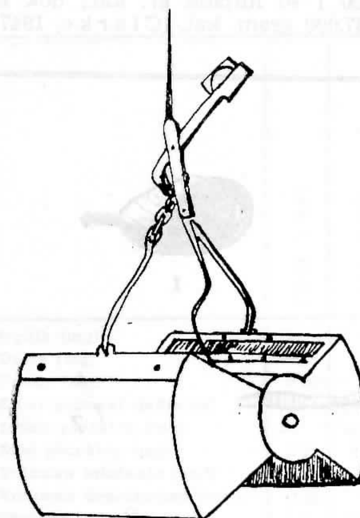


Sl. 137. Dredža (orig.).

procjenu. Da ona bude što bolja, potrebno je, da se procjenjivanje odnosi na jednu od tri asimilacijske boje, koje dolaze kod svih alga (hlorofil α, ksantofil, karotin) i da se upotrebljava otapalo, koje otapa boju što potpunije. Potpuna separacija boje moguća je samo spomoću T s w e t t o v e hromatografijske tehnike (G a r d i n e r, 1943).

K e m i j s k e metode određivanja biomase nastoje da ustanove iznos određenih kemijskih elemenata, koji su vezani na biomasu i čine u njoj približno stalan procenat (tablica 27). Takvi su elementi: fosfor, dušik i ugljik. Prema C o o p e r u odnos fosfora prema dušiku kod biljnog je i životinjskog planktona približno jednak i oba stoje u pravilnom odnosu prema množini organske tvari. Zbog toga se čini, da je za upoznavanje iznosa biomase kao i odnosa između

fitomase i biomase dovoljno odrediti iznose fosfora odnosno dušika, koji su u njima organski vezani. Analogno se može upotrebiti i određivanje organski vezanog ugljika.



Sl. 138. Grabilo po Petersenu (J. P e t e r s e n).

Nedostatak je kemijskih metoda u tome, što je praktički nemoguće potpuno odvojiti od planktona čestice detritusa, koji može znatno povećati iznos istraživanog elementa, kao i u praktičnoj nemogućnosti, da se zbog istraživanja potpuno odvoji fitomasa od zoomase. Poteškoće dolaze i od toga, što upotreba metode predpostavlja kemijski rad, s kakvim većina istraživača biologa nije upoznata.

Biomasa se također može izraziti nekim fizičkim ekvivalentom, tako skupnim v o l u m e n o m ili t e ž i n o m svih individua u uzorku. Da se odredi cjelokupni volumen svih stanica odnosno individua, uzimlju se prosječni (standartni) volumeni raznih, u prvome redu najvažnijih oblika, i množe se brojem jedinki.

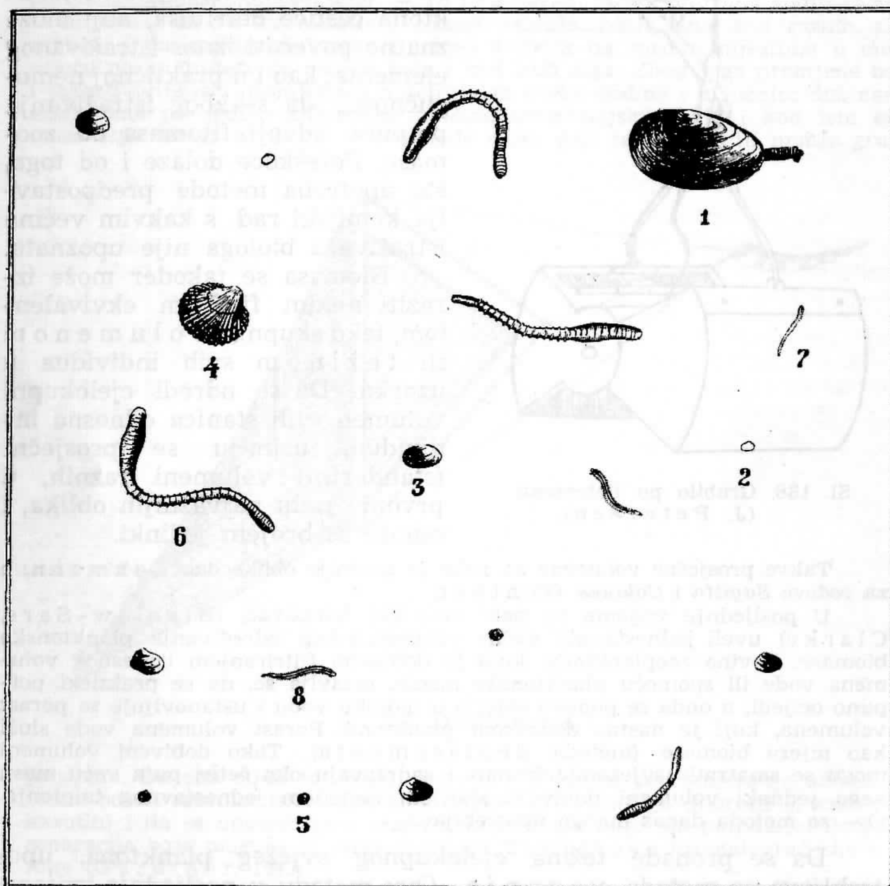
Takve prosječne volumene za neke je glavnije oblike dao L o h m a n n, a za rodove *Sagitta* i *Calanus* G u n t h e r.

U posljednje vrijeme su neki američki istraživači (B i g e l o w - S a r s, C l a r k e) uveli jednostavniji način volumetrijskog određivanja planktonske biomase. Lovina zooplanktona, koja je dobivena filtriranjem izvjesnog volumena vode ili spomoću planktonske mreže, ostavlja se, da se praktički potpuno ocijedi, a onda se ponovo stavlja u morsku vodu i ustanovljuje se porast volumena, koji je nastao dodatkom planktona. Porast volumena vode služi kao mjera biomase (metoda d e p l a c e m e n t a). Tako dobiveni volumeni mogu se smatrati »svježom težinom« i sadržavaju oko četiri puta veću masu nego jednaki volumeni dobiveni starijom metodom jednostavnog taloženja. Ova se metoda danas mnogo upotrebljava.

Da se pronađe težina cjelokupnog svježeg planktona, upotrebljava se metoda v a g a n j a. Ovu metodu u posljednje vrijeme upotrebljavaju naročito ruski istraživači. (O tehnici vaganja vidi B o g o r o v, 1937).

Rezultati dobiveni metodama volumena ili težine sami po sebi ne daju točnu veličinu biomase, a to zbog različnog sadržaja vode kod raznih organizama. Zbog toga se u posljednje vrijeme ide za tim, da se nađeni volumen odnosno težina svježe planktonske mase izraze adekvatnim iznosom suhe tvari (vidi tablica 27) ili njezinom kaloričkom vrijednošću.

Američki istraživači su našli na području Georges Banka, da jedan kubični centimetar zooplanktona prosječno odgovara gramu svježe težine ili 0.1 gramu suhe težine i da je s time ekvivalentan iznos od 400 gr. kalorija. Na osnovu takvog računanja našli su, da se na istom Georges Banku biomasa fitoplanktona koleba preko godine između 20 i 40 hiljada gr. kal., dok se biomasa zooplanktona koleba između 9.600 i 37.000 gram. kal. (C l a r k e, 1947).



Sl. 139. — Zajednica *Macoma* iz Danskih fjordova na 0.25 m² površine. 1. *Mya arenaria;* 2. *Mya arenaria* juvenil. stadij; 3. *Macoma baltica;* 4. *Cardium edule;* 5. *Cardium edule juvenil.;* 6. *Arenicola marina;* 7. *Aricia armiger;* 8. *Nephtys* spec. Ukupna težina 48.3 gr. — (Po P e t e r s e n u).

Prema novijim istraživanjima postoje približno stalni kvantitativni odnosi između raznih planktonskih ekvivalenata, o kojima smo prije govorili, tako da se iz količine jednoga može ustanoviti

količina drugoga i cijele biomase prema tablici 27, koja donosi samo približne vrijednosti (S v e r d r u p, J o h n s o n et F l e m i n g; The Oceans, 1946).

Tablica 27

	Ugljik (1 mg)	Dušik (1 mg)	Fosfor (1 mg)	Biljni pigment (1 jedinica)	Svježi plankton (1 mg)	Suhi plankton (1 mg)	Volumen taloženja (1 cm³)	Volumen deplasmana (1 cm³)	Ekvivalent kisika (1 cm³)
Ugljik (mg)	1	5 7	41	3 3 ×10	0 027	0 44	1.4	5 6	0.536
Dušik (mg)	0 18	1	7 2	0 58×10	0 0047	0 0765	0.24	1.0	0.097
Fosfor (mg)	0 024	0 14	1	0 08×10	0 00066	0 011	0.034	0.14	0 013
Biljni pigment (jedinice)	305	1740	12 500	1	8.25	133	412	1690	163
Svježi plankton (mg)	37	211	1 520	122×10	1	16	50	203	20
Suhi plankton (mg)	2 3	13 1	0 94	7 5 ×10	0 06	1	3.1	12.7	1.2
Volumen taloženja (cm³)	0 7	4 2	30 2	2 4 ×10	0 02	0 32	1	4 1	0.4
Volumen deplasmana (cm³)	0 18	1 0	7 4	0 59×10	0 005	0 08	0 25	1	0.1
Ekvivalent kisika (cm³)	1 9	10 6	7 6	6 1 ×10	0 05	0 8	2 5	10 2	1

O d r e đ i v a n j e b i o m a s e b e n t o s a ili p r o d u k t i v n o s t i m o r s k o g d n a. Starija nastojanja, da se biomasa bentosa ustanovi spomoću dredže (sl. 137), dala je samo vrlo blijedu sliku gustoće bentoskog naselja. Takvu blijedu sliku dao je J. M u r r a y u rezultatima Challengerove ekspedicije o relativnoj gustoći životinja uzduž kontinentalne podine i o siromaštvu života na globigerinskom mulju i pustoši na ilovači velikih dubina. Kvantitativna istraživanja bentosa vrše se danas spomoću metode g r a b i l a, koju su uveli danski istraživači P e t e r s e n i B o y s e n - J e n s e n. Grabilo (sl. 138) zahvaća i diže dio površinskog sloja morskog dna, na pr. ¹/₁₀ čet. metra, a s njime i praktički sve organizme, koji na toj površini dolaze (sl. 139). Podaci o vrstama, broju jedinki pojedinih vrsta kao i o težini pojedinih vrsta i svih skupa direktno upućuju na veličinu biomase bentosa i na biologijske odnose u njemu. Upotreba metode dala je do danas vrlo znatne rezultate, koji se odnose ne samo na veličinu biomase odnosno na produktivnost dna na pojedinim tačkama, nego na spoznaju biologijskih odnosa među pojedinim članovima bentoskih biocenoza. Nedostatak je metode u tome, što se ona može upotrebiti samo na mekanom dnu.

Za određivanje produktivnosti tvrdoga dna nema nikakve prikladne metode. G i s l e n (1929-30) određuje biomasu hridinasta dna brojenjem i vaganjem viših alga i životinja, koje dolaze na izvjesnoj površini, kako je to

običaj u cenologijskim istraživanjima kopnene vegetacije. Krupan nedostatak te metode je u tome, što se u dubljoj vodi ne može upotrebiti bez sudjelovanja ronioca, pa stoga ona nije mogla naći šire primjene u oceanografiji.

Literatura:

BIGELOW H. and SARS (1939), Studies on the waters of the continental shelf, cape Cod to Chesapeake bay. Mem. of the Mus. of compar. zoology Haward college vol LIV, 4. — BLEGVAD H. (1928), Methoden der Untersuchung der Bodenfauna des Meerwassers. Abderhalten, Handb. biol. Arbeitsmeth. Abt. 9, 5. — BOGOROV B. G. (1932), K metodikě obrabotki bentosa. Bjuleten GOIN, No 6. — IDEM K metodikě količestvenoj obrabotki zooplanktona. Zool. Žurn. — PETERSEN and BOYSEN-JENSEN P. (1911), Valuation of the sea. I, Animals life of the sea bottom, its food and quantity. The Dan. Biolog. Stat. XX. — BRAND TH. (1935), Methods for determination of nitrogen and carbon in small amounts of plankton. Biol. Bullet. Vol. LXIX. — IDEM (1938), Quantitative determination of nitrogen in the particulate matter of the sea. Journ. du Cons. XIII. — CLARKE G. (1946), Dynamics of production in aquatic populations. Ecological Monographs vol. XVI, 4. — COOPER N. H. L. (1937), Organic phosphorus in sea water from the engl. channel. Journ. Mar. Biol. Assoc. XXI, 2. IDEM (1934), The determination of phosphorus and nitrogen in plankton. Journ. M. B. Ass. XIX. — GARDINER A. C. (1943), Measurement of Phytoplankton population by the pigment extraction method. Jour. Mar. Biol. Assoc. XXV, 4. — HARVEY H. W. (1934), Measurement of phytoplankton. Ibidem XIX. — KREY J. (1939), Die Bestimmung des Chlorophylls im Meerwasserschöpfproben. Rapp. Proc. verb. XIV, Kopenhagen. — KÜNNE CL. (1933), Weitere Untersuchungen zum Vergleich der Fangfähigkeit verschiedener Modelle von vertikal fischenden Planktonnetzen. Rap Proc. verb. v. XXXIII, Kopenhagen. — LOHMANN H. (1908), Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehalts des Meeres an Plankton. Wissenschaft. Meeresunters. Kiel N. F. Bd X. — STEEMAN E. NIELSEN (1935), Eine Methode zur exacten quantitativen Bestimmung von Zooplankton. Journ. du Cons. X. — UTERMÖHL H. (1930), Neue Wege in der quantitativen Erforschung des Planktons. Verhan. inter. Ver. theoret. und angewand. Limnologie. Bd V.

Veličina biomase i faktori njezine raspodjele u moru

Biomasa života u moru raspodijeljena je po svim dijelovima mora, ali ne jednoliko. Ima dva sloja velike gustoće organizama, i oba se nalaze u blizini ploha graničenja dviju različitih sredina: jedan sloj uz plohu doticanja atmosfere i morske vode, a drugi uz plohu graničenja vode s morskim dnom. U prvom se području nalazi glavni dio pelagijala, a u drugom dio bentala. Između ovih slojeva je gustoća raspodjele živih bića kud i kamo manja.

Biomasa je nejednoliko podijeljena i na raznim geografijskim točkama. Tako se broj planktonskih organizama koleba na raznim točkama u vrijeme maksimalne gustoće između nekoliko hiljada i preko deset milijuna biljnih stanica, i između jednog i 100—150 metazoa u jednoj litri vode (Hentschel). Analogno se bentoska zoomasa koleba između nekoliko i, koliko je to do danas pronađeno,

nešto manje od jedne tisuće grama svježe materije na jednom četvornom metru morskog dna. Uzroci nejednolike raspodjele biomase u moru potječu u osnovi od različite raspodjele faktora proizvodnje, napose soli u minimumu i svjetla. Na nekim mjestima prilike tih faktora prijaju bujnom razvitku alga, i na tim je mjestima proizvodnja obilnija, a biomasa planktona i bentosa znatnija. Takva su područja veće plodnosti: gornji slojevi, obalne vode, brakovi i plitka voda, viša geografijska širina i otvorena mora.

Plodnost gornjih slojeva. Budući da je svjetlo faktor, koji ograničuje proizvodnju, biomasa sa dubinom općenito postaje manja. To je smanjenje s početka vrlo naglo, zatim sporije, a napokon vrlo maleno. To naročito vrijedi za naselje alga (tabl. 28).

Tablica 28

Dubina m	Broj uzoraka	Prosječni broj jedinki u uzorku	Logaritam prosječnog broja
0	247	103.801	5.02
50	142	36 159	4.56
100	102	5.171	3.72
200	119	915	2 96
400	91	204	2 35
700	78	104	2 02
1000	74	78	1.89
2000	111	43	1.63
3000	37	23	1.36
4000	30	22	1.34
5000	9	19	1 28

Tablica 28 prikazuje dubinsku podjelu planktona kod Ascension (Hentschel 1932). Analogne prilike vladaju i u manjim morima, kako se vidi iz tablice 29,

Tablica 29

Dubina met.	0	10	40		90
Stanica u 1.	271.106	94.754	4.278	7 350	3 444

koja prikazuje dubinsku raspodjelu fitoplanktona dne 19. VI. 1934 u Jadranu s vanjske strane otoka Šolte (Ercegović 1936).

Pad gustoće planktona od površine prema dubljim slojevima nije uvijek stalan ni pravilan. Tome može biti više uzroka, od kojih su znatniji: prejako svijetlo u površinskom sloju, iscrpenost gornjih slojeva, utjecaji struja, tonjenje i aktivno kretanje planktona i njegovo zadržavanje naročito u nekim dubinama.

Prejako svijetlo ne prija razvitku dijatomeja, i one pokazuju često preko ljeta maksimum gustoće u jednom od donjih slojeva, obično između deset i pedeset metara dubine. Iscrpenost gornjih slojeva zbog potroška hranjivih soli može utjecati, da se maksimum fitoplanktona, a time i zooplanktona, pomakne prema dubljem sloju, u kojemu ima hranjivih soli i još dovoljno svijetla za asimilaciju. Utjecaj struja na poremetnju pravilnog slojanja planktonskih slojeva čest je i mnogostruk. Horizontalne struje mogu mnogo poremetiti pravilnost u vertikalnoj raspodjeli planktona. Vertikalne struje, ako duže traju, uzrokuju jednoliku raspodjelu planktona u više ili manje visokom stupcu vode. Zbog tonjenja stanica maksimum se gustoće planktona katkada javlja u jednom od posrednih slojeva, i to naročito na granici između gornjeg laganijeg i donjeg specifično gušćeg vodenog sloja. Aktivna putovanja zooplanktona često su uzrok nepravilnoj dubinskoj podjeli planktonske biomase. Tim su putovanjima uvjet od česti vanjski utjecaji, osobito svijetlo, a od česti unutrašnje potrebe samih organizama, i ona su nam još i danas u pretežnoj mjeri neobjašnjena.

I biomasa bentosa pada prema dubini, kako to pokazuje tablica 30 (iz Zenkeviča 1946).

Tablica 30

Grenlandsko more kod Medvjeđih otoka

	Dubina u metrima					
	100	100 200	200-300	300-400	400-500	500-1000
Opća biomasa bentosa u gr na 1 m²	328	43	46	18	17	17

Plodnost obalnih voda. Obalne se vode ističu svojom plodnošću, i to zbog intenzivnijeg obnavljanja soli u minimumu. To se obnavljanje vrši pritjecanjem s obala, kao i dopremanjem iz dubljih slojeva spomoću kompenzacijskih struja. Zbog intenzivnijeg obnavljanja soli proizvodnja je alga u obalnim vodama bogatija. To

je i razlog, što je kod istih geografijskih širina biomasa u uskim obalnim morima znatno veća nego na otvorenom oceanu, a isto tako što je u istom moru redovno bogatija bliže uz obalu.

Kao primjer obalnog mora može da nam posluži Jadran. Po mišljenju Schillera (Bernard-Fage 1936) voda je u Jadranu prosječno bar dva puta bogatija biomasom nego voda otvorenog Atlantika na istoj geogr. širini, a na nekim mjestima može da bude u vrijeme proljetne cvatnje planktona i do 30 puta bogatija. I u istom uskom moru, kao što je Jadran, biomasa raste prema obali. God. 1934. u vrijeme maksimuma nađeno je u površinskoj vodi pred otokom Šoltom oko 270 hiljada biljnih stanica, dok je istog dana nađeno u Kaštelanskom zalivu oko 450 hiljada stanica (u litru, Ercegović). Kako masa zooplanktona pada od obale prema otvorenom, pokazuju istraživanja Clarkeova pred zapadnim obalama sjeverne Amerike na profilu Montauk—Bermuda. Biomasa zooplanktona obalnih voda prema biomasi na rubu kontinentske podine (oko 200 km daleko od kopna) i prema biomasi kod Bermuda u Sargaskom moru odnosi se kao 40 : 10 : 1. Povoljni uvjeti proizvodnje planktona u obalnim vodama povoljno utječu i na razvitak bentoske biomase. Time se objašnjava mnogo veća produktivnost morskog dna mletačkih laguna i sjevernog Jadrana kod Rovinja nego otvorenog Mediterana pred zapadnotalijanskom obalom i u Alžirskom zalivu, kao i mnogo veća produktivnost danskih fjordova nego otvorenog Kategata (tablica 31).

Utjecaj obale osjeća se jače samo na relativno uskom pojasu uz obalu, dok taj utjecaj prema otvorenom moru naglo pada. Tek u području velikih rijeka ili velikih lučkih gradova utjecaj se primjećuje i znatno dalje od obale.

Plodnost brakova. Odavna je poznato, da je morski život u vodama iznad brakova bogatiji nego iznad velikih dubina. I ovdje je tome uzrok intenzivnije obnavljanje hranjivih soli spomoću vertikalnih strujanja mora.

Kad podmorske struje, koje teku više ili manje u horizontalnom pravcu, udare o bok podmorskih uzvisina ili oceanskih otoka, skreću u vertikalnom pravcu, i tako nastaju vrtlozi, koji nose u gornju, osvijetljenu zonu dubinsku vodu, bogatiju hranjivim solima, i tu stvaraju uvjete bogate proizvodnje. — Kreps i Veržbinskaja (1930) pokazali su, kako se izolinije visokih iznosa fosfora i dušika u Barencovu moru visoko dižu iznad podmorskih uzvisina u produktivnu zonu. Norveški istraživači su ustanovili, u području podmorskog praga između Islanda i Faroer-otočja, veće iznose soli u minimumu i bogatije naselje planktona nego u vodama, koje su više udaljene od spomenutog praga. — Plodnost podmorskih pragova je također uzrok bogatstvu riblje faune i stoga bogatog ribolova u ovom području.

Tablica 31

Ime mora /i dubina istraživanih postaja/	Težina gr/m²	Ime istraživača
Pred zap. talijanskom obalom (9-1030 m)	oko 6	Spärck 1929
Alžirski zaliv (13-400 m)	„ 20	„ „
Rovinjski zaliv (dubina ?)	140	Vatova 1931
Mletačke lagume „	oko 200	„ „
Bijelo more (O - 250 m)	„ 20	Zenkevič 1927
Scoresby Sound (Grönland, O-400 m)	50	Thompson 1934
Faro — (Portugal, 32-95 m)	265	
Kategat (oko 20 m)	250	Petersen 1918
Zaliv Fax (Island, 26 50 m)	350	Spärck 1929
Barencovo more (0-100 m)	301	Idelson
„ (300-400 m)	48	„
Limfjord (Danska, malo metara)	700	Petersen i Boysen -Jensen 1911

P l o d n o s t p l i t k i h v o d a. Dva su faktora, koja naročito utječu na obnavljanje i dopremu hranjivih soli u plitkim vodama: konvekcija i temperatura. K o n v e k c i j a (str. 41), t. j. gibanje vodenih čestica u vertikalnom pravcu, u plitkim je morima za zime intenzivnija nego u dubokim vodama, a to zbog bržeg ohlađivanja plitkih voda. Što je konvekcijsko strujanje jače, to je i doprema soli u gornje slojeve brža. S druge strane i temperatura pospješuje obnavljanje soli, a to stoga, što je ona u plitkim vodama u dobrom dijelu godine viša od temperature u dubokim slojevima, pa su stoga brži i procesi rastvaranja, koji vode do obnavljanja fosfata i nitrata iz uginulih organizama. Plodnost plitkih voda očituje se ne samo u planktonskoj, nego naročito i u bentoskoj biomasi. Nasuprot tomu nepovoljno djelovanje visokog stupca vode na produktivnost morskog dna opaženo je u svim morima, gdje su vršena odnosna istraživanja.

Tablica 32

	Nematodi	Poliheti	Ostrakodi	Kopepodi	Ukupno individua
Plitka voda (20-25 m)	2509	34	135	697	3.375
Duboka voda (25-166 m)	1466	31	12	136	1.625

Visok stupac vode omogućuje rastvaranje leševa i detritusa već u vrijeme njihova tonjenja, a time se smanjuje potencijal ishrane bentoskih životinja i produktivnost morskog dna. Kako biomasa pada s visinom stupca vode i u istom moru, pokazuju istraživanja ruskih istraživača u Barencovu moru (tablica 31) kao i ona u Irskim vodama (M o o r e, 1930, tablica 32).

Visoki stupac vode je glavni, ako ne i jedini uzrok, što je produktivnost velikih oceanskih dubina vrlo malena i što u njima vlada, u poređenju s plitkim vodama, prava pustoš (H j o r t - M u r r a y 1912).

Zbog tehničkih poteškoća nije moguće odrediti produktivnost velikih dubina metodom grabila. No već i upotreba dredže i povlačne mreže u dovoljnoj mjeri upućuje na siromaštvo morskog dna velikih dubina. Norveška je ekspedicija M i c h a e l S a r s a (1910) nakon četiri i po sata povlačenja mreže između Kanarskih otoka i Azora u dubini od 5.000 m uloviia samo desetak bentoskih životinja. Ovakvi potezi, koji su izvršeni u većem broju i sa sličnim rezultatima, dokazuju, da biomasa oceanskih dubina nije po veličini ni blijeda slika biomase plitkih voda, gdje je na samom četv. metru nađeno i preko 700 grama žive tvari.

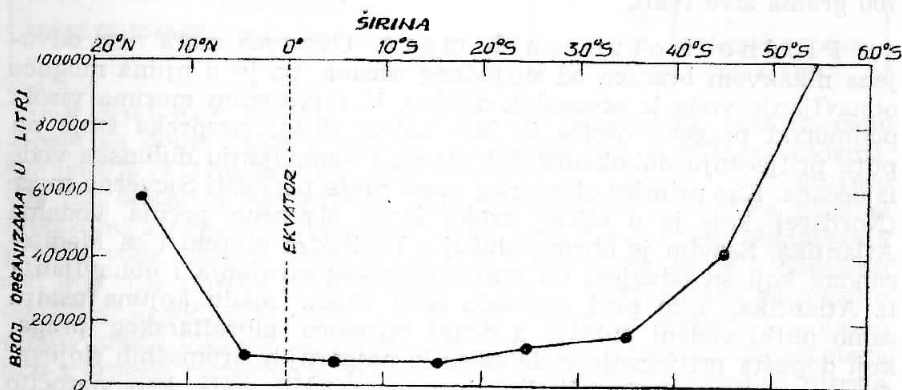
P l o d n o s t o t v o r e n i h m o r a. Otvorena mora nisu odvojena nikakvom branom od susjednog oceana, pa je u njima moguće obnavljanje vode iz oceanskih dubina. U zatvorenim morima visoki podmorski pragovi, otočje ili bilo kakva druga prepreka stoje na putu pritjecanju dubokomorskih struja i obnavljanju dubinske vode iz oceana. Kao primjer otvorenog mora može poslužiti Sjeverno more (Nordsee), koje je u cijeloj svojoj širini otvoreno prema vodama Atlantika. Sasvim je obrnut slučaj s Baltičkim morem i sa Mediteranom, koji su odvojeni od dubokomorskog strujanja i obnavljanja iz Atlantika, i to prvi spomoću niza otoka, među kojima ostaju samo plitki vodeni putovi, a drugi spomoću gibraltarskog praga, koji dopušta pritjecanje vode samo iz najgornjih siromašnih slojeva. Otvorena su mora i veći dio sjeveroevropskih voda, kao naročito Barencovo more, Kategat, danski, norveški i islandski fjordovi, dok su zatvorena mora pored Baltičkog i Bijelo more. Zatvorena su mora u svojoj proizvodnji upućena poglavito sama na sebe i na obnavljanje hraniva sa najbližeg kopna. To je razlog, što biomasa zatvorenih mora prosječno daleko zaostaje za biomasom u otvorenim vodama.

Već je ekspedicija »D a n a« na osnovu manjeg broja analiza došla do zaključka, da su vode Mediterana siromašne hranjivim solima. Za to siromaštvo T h o m p s e n smatra odgovornim Gibraltarski prag, koji onemogućuje pritjecanje dubinske vode iz oceana. Zbog siromaštva soli u minimumu i biomasa je u Mediteranu malena. Volumen je protista (flagelata, dinoflagelata, kokolitoforida i dijatomeja) tri do pet puta manji u Banyulsu, a pet do deset puta manji u Monaku nego u sličnim područjima otvorenog Atlantika, na pr. kod Azora ili u Biskajskom zalivu. Srednji volumen protista je otprilike jednak volumenu u vodama tropskog Atlantika kod otoka Ascension, naime 0.180 mm³ u litri vode (B e r n a r d). I zooplankton je u Mediteranu, a osobito u njegovim istočnim dijelovima vrlo siro-

mašan (J e s p e r s e n). Isto vrijedi i za bentosku zoomasu, koja je, sudeći po malobrojnim istraživanjima na zapadnoj obali Italije i u Alžirskom zalivu, nekoliko puta manja od zoomase u Atlantiku na južnim obalama Portugala (kod Faro, tablica 31).

I u istom moru stepen produktivnosti zavisi od stepena obnavljanja vode, kako je to pokazao Z e n k e v i č za Barencovo i Karajsko more.

P l o d n o s t v i š i h š i r i n a. U višim je širinama obnavljanje soli u minimumu intenzivnije zbog jake konvekcije. U tropskom području na visokom stupcu hladne i teže vode (hipotalase) leži tanji sloj tople i znatno laganije (epitalase). Zbog znatnih razlika u gustoći oba sloja nema tu vertikalnog strujanja konvekcijom niti izmjene površinske vode s dubinskom, pa je stoga nemoguće obnavljanje soli



Sl. 140. — Broj planktonskih organizama, u litri vode, u površinskom 50 m debelom stupcu vode viših i nižih širina južnog Atlantika (prema opažanjima »M e t e o r a«).

iz većih dubina. Stoga su vode produktivne zone u tropskim predjelima općenito siromašne hranjivim solima, osim slučajeva, gdje se obnavljanje vrši djelovanjem vjetra ili kojega drugog faktora, kao što to biva duž zapadnih obala Afrike, pa je stoga i biomasa u tropima manja. Kao tipski primjer nedostatka vertikalnog miješanja vode i siromaštva života može poslužiti Sargasko more. Što se više udaljujemo od ekvatora prema sjeveru ili jugu, zbog sve jačeg i dugotrajnijeg ohlađivanja za hladnih godišnjih doba, sloj toplije epitalase i razlike u gustoći epitalase i hipotalase postaju manji, a miješanje vode u oba sloja konvekcijskim strujanjem lakše, dugotrajnije i intenzivnije, pa time postaje lakša, obilnija i dugotrajnija doprema hranjivih soli iz većih dubina. To je glavni uzrok većoj biomasi u području viših geografijskih širina.

Već je ekspedicija »Deutschland« ustanovila porast množine fitoplanktona prema većim geografijskim širinama, kako pokazuje tablica 33.

Tablica 33

Dubina m	Š i r i n a			
	50° - 40° sj.	40° - 30° sj.	30° - 20° sj.	20° - 10° sj.
0	20 000	7 000	1 800	2.000
50	20.000	5 000	1 600	1.500
0 400	6 000	2 000	600	500
	u svibnju	u lipnju		

Po istraživanjima »Meteor«-ekspedicije (sl. 140) analogan porast pokazuje prema višim širinama Atlantika i gustoća metazoa.

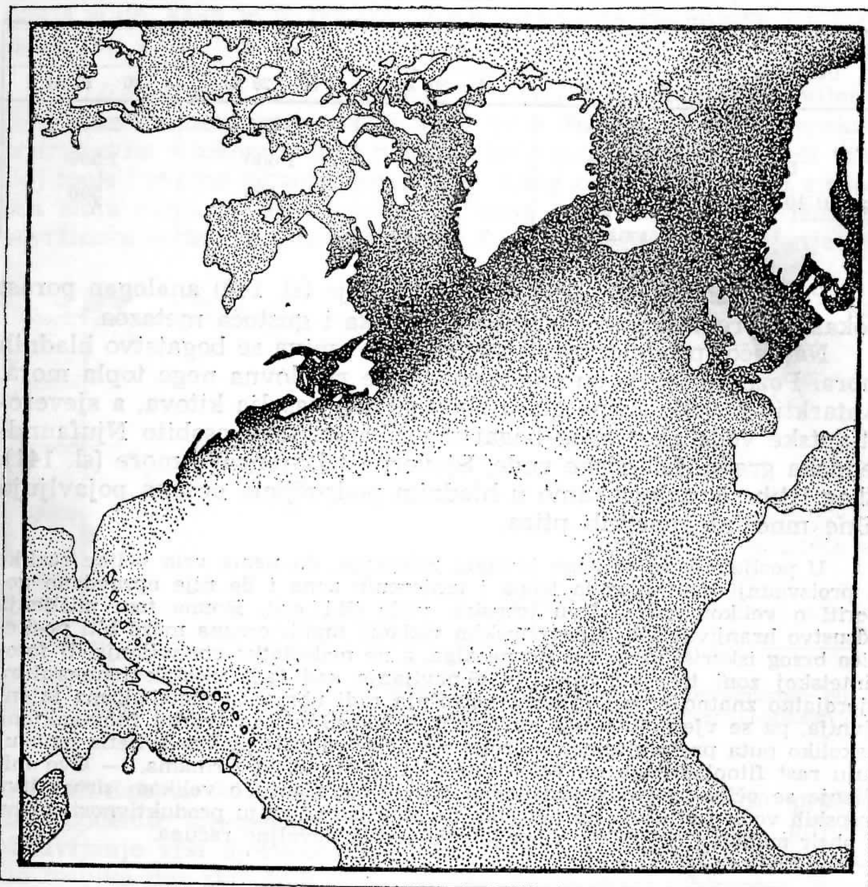
Na većoj produktivnosti viših širina osniva se bogatstvo hladnih mora. Poznato je, da su ona mnogo više ribolovna nego topla mora. Antarktičke vode su na glasu zbog gustog naselja kitova, a sjeveroatlantske vode zbog svog bogatstva ribama, tako osobito Njufaundlendska greda, Islandske vode, Sjeverno i Barencovo more (sl. 141). Zbog istih se razloga samo u hladnim područjima oceana pojavljuju silne množine morskih ptica.

U posljednje se vrijeme javljaju mišljenja, da nema vrlo velike razlike u proizvodnji dubljih voda tropa i umjerenih zona i da nije opravdano govoriti o velikom siromaštvu tropskih voda (R i l e y). Prema tom mišljenju odsustvo hranjivih soli u površinskim vodama toplih oceana može biti posljedica brzog iskorišćivanja od strane alga, a ne nedostatka obnavljanja. U fotosintetskoj zoni tropskih voda je obnavljanje soli radi visokih temperatura vjerojatno znatno brže i njihova potrošnja radi ubrzanog metabolizma intenzivnija, pa se vjerojatno ista količina soli iskorišćuje za tvorbu fitoplanktona nekoliko puta preko godine. S druge strane povoljnije prilike svijetla omogućuju rast fitoplanktona do većih dubina nego u višim širinama. — Ovo mišljenje se očito protivi dosadašnjem općem shvaćanju o velikom siromaštvu tropskih voda i upućuje na potrebu, da se u istraživanju produktivnosti uzmu u obzir momenti, o kojima se prije nije vodilo dovoljno računa.

L i t e r a t u r a :

BERNARD FR (1939), Études sur les variations de fertilité des eaux méditerranéennes. Journ. du Cons. XIV. — BERNARD FR. et FAGE L. (1936), Recherches quantitatives sur le plancton méditerranéen. Bull. Inst. Océan. Monaco No 701. — CLARKE G. L. (1940), Comparative richness of zooplankton in coastal and offshore areas of the Atlantic. Woods Hole Coll. Repr. 1940, 241. — HENTSCHEL E. (1932), Die biologischen Methoden und das biologische Beobachtungmaterial der Meteor-Expedition 1925-27, Bd. X. — JESPERSEN P. (1924), On the quantity of the macroplankton in the Mediterranean and the Atlantic. Intern. Rev. der gesam. Hydrogr. und Hydrobiol. XII, 1—2. — LOHMANN H. (1920), Die Bevölkerung des Ozeans mit Plankton usw. Arch. f.

Biontologie IV, 3, Berlin. — MOORE H. B. (1930), The muds of the Clyde sea area. Journ. Mar. Biol. Assoc. XVI. — THOMPSEN H. (1931), Nitrate und phosphate contents of Mediterranean waters. Rep. Dan. Ocean. Exped. 1908—10 to the Mediterranean etc. III, 6. — VATOVA A. (1934), Ricerche quantitative sulle



Sl. 141. — Gustoća života (planktona) u vodama Atlantika (prema Russelu i Yongeu).

biocenosi del golfo di Rovigno. Note istit. biolog. Rovigno, No 12. — ZENKEVIĆ L. A. (1930), A quantitative evaluation of the bottom fauna in the sea region about the Kanin peninsula. Berr. wissenschaftl. Meeresinstituts IV, 3, Moskva. — ZENKEVIČ L. A. BROCKY V. IDELSON M. (1928), Materials of the study of the productivity of the sea bottom in the White, Barents and Kara seas. Journ. du Cons. III.

Dinamička ravnoteža u biomasi

Veličine pojedinih dijelova biomase i kvantitativni odnosi među njima određeni su u svako vrijeme i na svakom mjestu djelovanjem dvaju osnovnih faktora: proizvodnje i potrošnje. Ta dva osnovna faktora rade u suprotnim pravcima: prvi u smjeru povećanja, a drugi u pravcu smanjenja biomase. To vrijedi za sve dijelove biomase u moru: za fitoplankton kao i za zooplankton, za nekton kao i bentos. Ova dva glavna faktora podržavaju između pojedinih dijelova neko **dinamično ravnotežje**, koje je uvjet stalnom kolebanju pojedinih dijelova tako, da su oni svagdje i u svako doba određeni veličinom djelovanja ovih dvaju faktora.

Stepen proizvodnje i potrošnje u pelagijalu. Biomasa **fitoplanktona**, t. j. višak fitoplanktonskih stanica, što ga susrećemo u vrijeme istraživanja, zavisi u prvom redu od proizvodnje, koja je određena stepenom umnožavanja odnosno brzinom dijeljenja stanica.

Tablica 34

Broj dana za jednu diobu, t	3.0	2 5	2 0	1 5	1.0	0 83	0.75	0.50
Broj dioba u jednom danu, d	0.33	0.4	0.5	0.66	1.0	1 20	1.33	2.0
multiplikacijski faktor, q	1.26	1.32	1.41	1.59	2.0	2 31	2 52	4.0

Ova tablica pokazuje, da gustoća naselja zavisi pod inače istim uvjetima samo od multiplikacijskog faktora, t. j. od broja dioba u jednom danu. Kako gustoća naselja naglo raste s brzinom dijeljenja odnosno s multiplikacijskim faktorom pokazuje tablica 35, u kojoj g_8 naznačuje broj stanica nakon 8 dana, ako je početni broj (g) bio 5.

Tablica 35

t	1 (24)	0.92(22)	0.83(20)	0 75(18)	0.67(16)
d	1	1.09	1.20	1.33	1.50
q	2	2.12	2.31	2.52	2.83
g_8	1280	2073	4054	8132	20571

Sam stepen umnožavanja određen je dnevnim **multiplikacijskim** faktorom, koji neposredno zavisi od dijeljenja stanica. Koliko je brzina dijeljenja veća, t. j. koliko se preko dana izvrši više dioba, toliko je veći multiplikacijski faktor, a s njime i gustoća fitomase. Njena se gustoća može ustanoviti po formuli $G_t = g.\ q^t$, u kojoj G_t označuje konačni broj stanica, g = početni broj stanica (t. j. prije dijeljenja), q = dnevni multiplikacijski faktor, a t = broj dana. Ako t označuje broj dana, koji je potreban za jednu diobu, onda je $G_t = 2g$, odakle izlazi $q^t = 2$, t. j. $q = \frac{t}{\sqrt{2}}$. Tablica 34 pokazuje odnose između broja dana potrebnih za jednu diobu, odnosnog broja dioba u jednom danu i odnosnog multiplikacijskog faktora.

Proizvodnja, t. j. umnožavanje fitoplanktona zavisi od **jakosti svijetla** u širokim granicama, jer svijetlo već malo ispod površine brzo pada ispod optimuma, koji je potreban za fotosintetsko djelovanje.

Optimum jakosti svijetla za fotosintetsko djelovanje planktonskih alga kreće se u mnogim slučajevima između 1.8 gr. kal./cm² na sat (Jenkin) i 60 gr. kal. (Curtis i Juday). Stepen asimilacije je već nešto ispod površine gotovo upravo proporcionalan jakosti svijetla prema formuli $P_h = pI$, u kojoj P_h je stepen fotosinteze, p = fotosintetska konstanta, koja iznosi 2.5, a I = jakost svijetla. Ova posljednja se u svakoj dubini može naći iz jakosti upadnog ili površinskog svijetla (I_0, str. 52) i dubine potamnjenja Sekijeve ploče prema formuli $I_z = I_o e^{-kz}$ u kojoj e naznačuje apsorpcijski koeficijenat (str. 53), a k koeficijenat potamnjenja. Ovaj posljednji je ekvivalentan koeficijentu 1.7 podijeljeno sa dubinom potamnjenja Sekijeve ploče (Riley 1946).

Stepen proizvodnje fitoplanktona redovno je proporcionalan s koncentracijom hranjivih soli u moru, u prvome redu fosfata.

Stepen se fotosinteze kod dijatomeja smanjuje, ako koncentracija fosfata padne ispod 50 mg PO_4 na m³ (Ketchum, 1939.) Stoga se može pretpostaviti, da će u slučajevima, u kojima je iznos fosfata ispod ove koncentracije, veličina sinteze odgovarati jednadžbi $P_h \times (1 - N)$, u kojoj P_h je stepen fotosinteze pri određenom svijetlu, a N je smanjenje radi nestašice soli.

$$N = \frac{50 - mg\ PO_4\ m^3}{50\ mg} \quad (\text{ako je } PO_4 < 50\ mg).$$

Stepen proizvodnje zavisi i od **vertikalnog miješanja** (turbulencije) vode, zbog čega stanice fitoplanktona samo neko vrijeme provode u produktivnoj zoni.

U tom slučaju stepen fotosinteze, koji je već smanjen radi nestašice soli, množi se faktorom $(1 - v)$, u kojemu je v stepen smanjenja fotosinteze radi vertikalnog gibanja vode (Riley).

Drugi je faktor, koji sudjeluje u određivanju biomase fitoplanktona njegova **potrošnja**. Dva su sporedna faktora potrošnje: disanje i proždiranje od herbivornog planktona. Disanjem se razara dio proizvedene organske tvari, koja time ispada iz biomase.

Iznos se disanja preko zime (srednja temperatura = 2.05° C) cijeni na 0.024 ± 0.012 mg ugljika na dan na 1 mg ugljika fitoplanktona. Ljeti, kod viših temperatura disanje raste (0.110 ± 0.007 pri 17.87° C), tako da se približno podvostručava za svaki porast temperature od 10° C. Utjecaj temperature određuje se približno formulom: $R_t = R_o e^{rt}$ u kojoj R_t je stepen disanja pri temperaturi t, R_0 je jakost disanja pri 0° C, a r je konstanta, koja izriče stepen promjene u jakosti disanja s promjenom temperature. Pod pretpostavkom, da se jakost disanja podvostručava s porastom temperature za 10° C, $r = 0.069$. Za R_0 se uzima 0.0175 (Riley).

Najznatniji je faktor potrošnje fitoplanktona herbivorni zooplankton. Iznos proždiranja je proporcionalan biomasi zooplanktona

i koeficijentu proždiranja, koji zavisi od njegovih respiracijskih potreba i od temperature.

Na osnovu opažanja, da dnevna potreba hrane kod račića *Calanus finmarchinus* zimi (pri 5° C) iznosi 1.3–3.6% od ugljičnog sadržaja životinjskog tijela (Marschall, Nichols i Orr) i na onovu nekih drugih činjenica srednji koeficijenat proždiranja procjenjuje se na 0.0075 i za veličinu proždiranja postavlja se jednadžba $G = gZ$, u kojoj je G iznos proždiranja, t. j. smanjenje fitomase proždiranjem, g je koeficijenat proždiranja, a Z biomasa zooplanktona (Riley).

Navedeni koeficijenat može poslužiti samo privremeno, jer on vjerojatno ne zavisi samo od respiracijskih potreba. Prema pokusima raznih istraživača životinje, koje filtriraju, a takvih je u planktonu najviše, troše alge bez obzira na potrebe svog metabolizma, a stepen trošenja zavisi samo od **filtracijskog kapaciteta**, t. j. od množine filtrirane vode. Taj filtracijski kapacitet zavisi od vrste i od nekih vanjskih uvjeta, naročito od temperature i svijetla, a do neke mjere i veličine stanica u suspenziji, a ne zavisi od gustoće naselja u vodi. Zbog toga je potrošak to jači, što je naselje alga gušće, i on može ići znatno preko potreba metabolizma. Tako se objašnjava pojava, da planktonski kopepodi između to više fekalnih grudica s djelomično neprobavljenom fitoplanktonskom hranom, što je naselje fitoplanktona gušće.

Kako povećanje filtracijskog kapaciteta brzo smanjuje fitomasu, pokazuje tablica 36, iz koje se vidi, kako naselje alga, koje ostaje trajno pod povoljnim uvjetima proizvodnje i dijeljenja stanica, s porastom filtracijskog kapaciteta (ili volumena filtrirane vode) naglo pada (Fleming 1939).

Tablica 36

Nakon dana	Veličina naselja (broj stan. u l), ako se filtrirani volumen podvostruči	Veličina naselja (stan. u l), ako se filtrir. volumen peterostruči
0	1,000.000	1,000.000
1	487.000	62.000
2	237 000	3.900
3	106.000	240
4	56 000	15

Ova tablica pokazuje, da porast zooplanktona vrlo naglo djeluje na pad fitoplanktona. Stoga, ako se vodeni uzorci uzimlju radi istraživanja u razmacima od više dana, malo je vjerojatno, da će se susresti u isto vrijeme gusto naselje i fitoplanktona i zooplanktona.

Prema ovim izlaganjima u proizvodnji i potrošnji fitoplanktona, i prema tome u određivanju njegova naselja (biomase), sudjeluje čitav niz faktora: svijetlo, prozirnost morske vode, količina soli u minimumu, dubina i stepen vertikalnog miješanja vode (turbulencija), temperatura i množina zooplanktona. Ako su poznate veličine utjecaja ovih faktora, može se pronaći približna množina fitoplanktona u svakom času.

Prema istraživanjima američkih istraživača na Georges Banku podaci za množinu fitoplanktona, koji su dobiveni računanjem na osnovu naprijed izloženih faktora sredine, razlikuju se od stvarno zatečenih (ustanovljenih) iznosa za nekih 20—40% (R i l e y).

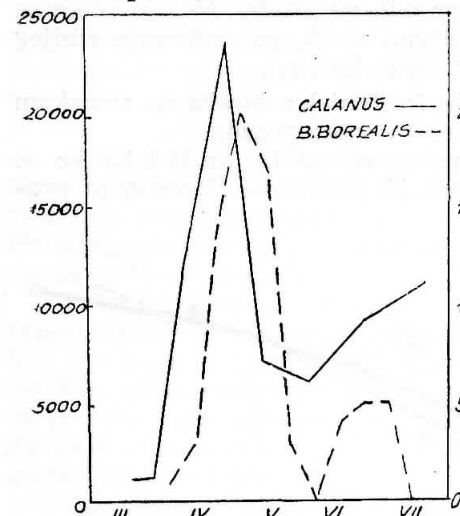
Pod pretpostavkom, da uvjeti za razvitak zooplanktona ostaju trajno povoljni i da ima dovoljno zrelih mladenačkih stadija, z o o m a s a raste, dok god ima na raspolaganju dovoljno fitomase. A kada se ona zbog potrošnje toliko smanji, da postane nedovoljna za dalje održavanje naselja životinja, to zoomasa počinje opadati. Prema tome visoku masu fitoplanktona slijedi pod povoljnim uvjetima visok iznos zoomase, a pad fitomase ispod nekih granica uzrokuje i pad zoomase. Ovo pravilo vrijedi općenito, ali su u pojedinostima razni oblici zooplanktona ovisni od raznih oblika fitoplanktona.

Proizvodnja alga vodi do neke k o r e l a c i j e ili dinamičkog ravnotežja između biljne i životinjske komponente u planktonskoj biomasi, i to ravnotežje očituje se u nekim pojavama. Jedna je od tih pojava, da fitomasa u svom razvitku pokazuje oblik krivulje, koja raste, dok je stepen umnožavanja veći od potrošnje, a u protivnom slučaju pada. Korelacijski odnosi između množina biljnog i životinjskog planktona očituju se također u pojavi sekundarnih maksimuma, koji se javljaju nakon primarnog maksimuma za proljetnog i ljetnog razvitka fitoplanktona, a mogu nastati zbog kolebanja zoomase. Treća je česta pojava obrnut kvantitativni odnos između masa biljnog i životinjskog planktona. Takvi su obrnuti odnosi već logična posljedica porasta potrošnje. Prema tome je suvišno pomišljati, da zooplankton bježi od gustog naselja fitoplanktona i da se seli u niže slojeve, jer mu gusto naselje zbog nepoznatih razloga ne prija (H a r d y). Isto tako nije potrebno ni pomišljati na to (N i e l s e n), da se maksimumi biljnog i životinjskog planktona vremenski ne podudaraju bilo stoga, što za razvitak fitoplanktona treba mnogo manje vremena nego za razviće zooplanktona ili stoga, što su uvjeti rastenja (temperatura, prisustvo ili nedostatak mladenačkih stadija) povoljni za fitoplankton, a nepovoljni za zooplankton.

Ima slučajeva, kad se pored bogatog zooplanktona trajno javlja i bujan fitoplankton. To biva napose u područjima, gdje uvjeti proizvodnje ostaju trajno povoljni, na pr. trajno obnavljanje hranjivih soli, tako da ni razvitak bogatog zooplanktona nije kadar da znatno smanji biljno naselje. U pojedinačnim slučajevima mogu utjecati i neki drugi faktori, kao na pr. struje. Tako u Sjevernom moru najveće množine zooplanktona redovno dolaze zbog djelovanja struja izvan područja, koja su bogata fitoplanktonom (S a v a g e i W i m p e n y).

Iz svega navedenog izlazi, da odnose u planktonskoj biomasi treba izučavati posebno na svakom pojedinom području.

Pod pretpostavkom, da ima dovoljno mladenačkih stadija i da su fizički i kemijski uvjeti sredine povoljni, biomasa n e k t o n a zavisi poglavito od biomase zooplanktona, jer je na nju neposredno ili posredno upućena.



Sl. 142. — Odnos između množine ulovljenih kitova, *Balaenoptera borealis* (desna vertikala) i broja kopepoda (lijeva vertikala) tokom godine 1926. (R u u d.).

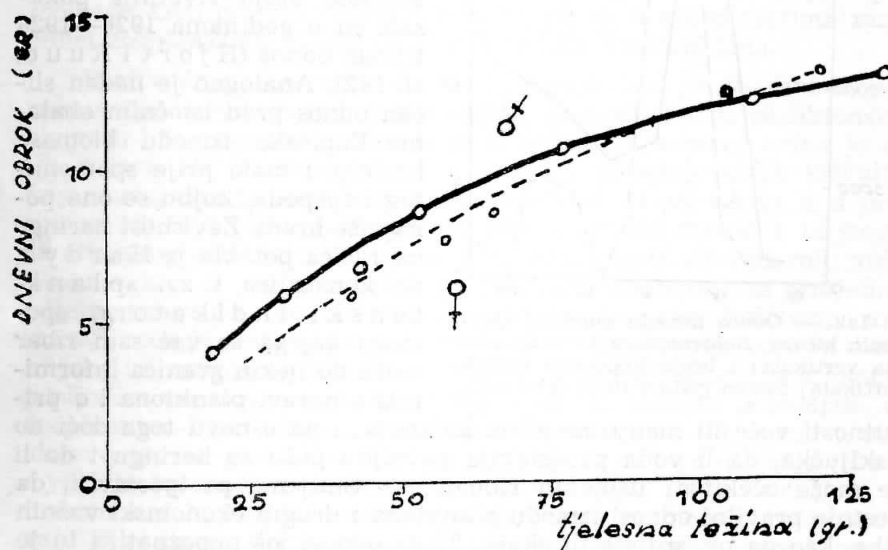
Kit *Balaenoptera borealis* hrani se gotovo isključivo kopepodnim račićem *Calanus finmarchicus,* pa stoga poslije bogatog razvitka toga račića na nekim područjima norveške obale javlja se spomenuti kit, i biomase obiju životinja pokazale su u godinama 1926—1928 tijesan odnos (H j o r t i R u u d, sl. 142). Analogno je nađen sličan odnos pred istočnim obalama Engleske između biomasa haringe i malo prije spomenutog kopepoda, kojim se ona ponajviše hrani. Zavisnost haringe od račića potakla je H a r d y a, da konstruira t. zv. »p l a n k t o n s k i i n d i k a t o r«, pomoću kojega se već sam ribar može do nekih granica informirati o naravi planktona i o prisutnosti veće ili manje množine kalanusa, i na osnovu toga doći do zaključka, da li voda predstavlja povoljnu pašu za haringu i da li se može očekivati uspješan ribolov. — Smijemo pretpostaviti, da postoje pravilni odnosi između planktona i drugih ekonomski važnih riba, kao na pr. srdjele ili skuše. Ti su odnosi još nepoznati, i to je jedan od važnijih zadataka biologijske oceanografije da ih otkrije, da bi njihovo poznavanje poslužilo kao osnova za što bolje iskorišćivanje spomenutih riba.

P r o i z v o d n j a i p o t r o š n j a u b e n t a l u. Faktori proizvodnje i potrošnje upravljaju također ravnotežom biomasa bentala, ali o djelovanju tih faktora u tom velikom području morskog života malo što znamo. Stepen rastenja bentoskih alga, a isto tako i stepen njihove potrošnje od herbivornih životinja gotovo su nam sasvim nepoznati, jer još ne poznajemo metoda za njihovo kvantitativno određivanje. Od praktičnog bi interesa bilo poznavanje faktora, koji upravljaju kvantitativnim odnosima između biomase bentoskih sabirača, koji dobivaju hranu iz pelagijala i detritusa (str. 243) i bentoskih potrošača, koji se hrane posredno ili neposredno mesom sabirača.

Ako je biomasa sabirača znatna, i biomasa potrošača, dakle i riba, može biti znatna. Ako neko područje sadržava veliku množinu sabirača, a malenu riba, njeno umanjenje ribolovom može donijeti više štete nego koristi, a vještačko naseljavanje takvih područja mladim ribama može donijeti vrlo korisnih rezultata. Ako je biomasa sabirača malena, a broj riba relativno visok, prorеđivanje ribljeg naselja spomoću ribolova može biti samo korisno.

Izučavanje faktora proizvodnje (rastenja) sabirača na morskom dnu predstavlja prema tome prilično zamršen posao.

U svakom slučaju nije lako ustanoviti ni to, da li i koliko se neka vrsta ima smatrati za sabirača ili potrošača. Pored toga pro-



Sl. 143. — Odnos između dnevnog obroka, potrebnog za uzdržavanje iverka (*Pleuronectes platessa*) i veličine ribe (B. Dawes).

izvodnja se ne vrši samo u tijelima jednogodišnjih organizama, nego i kod višegodišnjih, pa je za poznavanje cjelokupne godišnje proizvodnje potrebno ustanoviti ne samo masu jednogodišnjih, nego i godišnji prirast kod višegodišnjih. Napokon za poznavanje cijele proizvodnje sabirača treba uzeti u račun i onaj iznos, koji je preko godine prešao iz njih hranjenjem u tijelo potrošača.

Stepen potrošnje sabirača od potrošača zavisi od potreba metabolizma svakog pojedinog potrošača, a također i od broja ili biomase svih potrošača zajedno. S obzirom na metaboličke potrebe pojedinih potrošača znamo vrlo malo. Prilike su nešto proučavane kod nekih

riba. Iverak na pr. (*Pleuronectes platessa*) troši u jednom danu barem jednokratan sadržaj svog crijeva, a kilogram svježeg iverka troši u danu oko tri grama suhe organske tvari, pa bi za proizvodnju jednog kilograma ove ribe trebalo oko 18 kg hrane (Petersen). Potrebe metabolijske kod iste vrste kolebaju se ne samo pod različitim uvjetima sredine, osobito temperature, nego i u različitim stadijima života odnosno različitim tjelesnim veličinama. Iznos hrane, koji je potreban za održavanje mladog iverka u istoj težini, to je manji, što je riba veća (Dawes, sl. 143).

S druge strane za upoznavanje potrošnje treba da upoznamo biomasu potrošača. Biomasa riba može se približno odrediti spomoću pokusnih naučnih lovova kao i iz podataka ribarstvene statistike. No mnogo je teže doći do biomase drugih potrošača, koja je katkada znatno veća od one riba.

Iz metaboličkih potreba bar glavnijih potrošača i njihove biomase moguće je ustanoviti iznos, koji bi približno odgovarao potrošnji i o kojemu treba voditi računa kod izračunavanja cjelokupne godišnje proizvodnje morskog dna. No pri tome treba imati na umu, da potrebe potrošnje nemaju nužno za posljedicu i stvarno zadovoljavanje tih potreba, t. j. stvarnu potrošnju, jer životinje ne dolaze uvijek lako do hrane.

Upoznavanje proizvodnje i potrošnje na morskome dnu znatan je, ali i zamršen problem, a njegovo je potpuno rješenje za sad praktički jedva moguće, i to zbog nedovoljnog poznavanja svih faktora, koji u proizvodnji i potrošnji sudjeluju. Danas nam je samo moguće da na osnovu kolebanja čitave biomase u jednoj godini i na osnovu poznavanja biologijskih odnosa (starosti, brzine rastenja i t. d.) njezinih glavnih predstavnika dođemo do **približne** procjene proizvodnje i potrošnje i do spoznaje samo glavnih crta u odnosima između proizvođača i potrošača.

Literatura:

CURTIS J. and JUDAY C. (1937), Photosynthesis of algae in Wisconsin lakes. Internat. Rev. de ges. Hydrob. und Hydrogr. 35. — ERCEGOVIĆ A. (1936), Fizikokemijska i biologijska ispitivanja u obalnim vodama istočnog Jadrana tokom g. 1934. Prir. istr. Jugoslavije, sv. 20, Zagreb. — FLEMING R. (1939), The control of diatom populations by grazing. Joun. du Cons. XV. HARDY A. (1935), The continuous plankton recorder: a new method of surway. Rapp. Proc. verb. Copenh. vol. 95. — JENKIN P. M. (1937), Oxygen production by the diatom Coscinodiscus excentricus in relation to marine illumination in the english Channel. Journ. Mar. Bio. Assoc. XXII. — KETCHUM B. H. (1939), The absorption of phosphate and nitrate by illuminated cultures of Nitzschia closterium. Amer. Journ. Bot. XXVI. — MARSHALL S. M., NICHOLS A. G. and ORR A. P. (1935), On the biology og Calanus finmarchicus. Journ. Mar. Biol. Assoc. XX. — PETERSEN C. G. J. (1918), The sea bottom and its production of fish food. The Dan. Biol. Stat. XXV. — RILAY G. A. (1946), Phytoplankton populations. Journ. of mar. Research VI, 1. — STEEMAN E. NIELSEN (1937), On the relation between the Quantities of Phytoplankton and Zooplankton in the sea, Journ. du Cons. XII.

Poglavlje peto:

PERIODIČNOST ŽIVOTA U MORU

Život u moru ne pokazuje u jednoj godini jednako lice, već susrećemo niz promjena, koje stoje u stalnom odnosu prema godišnjim dobama ili, točnije, prema promjenama nekih vanjskih faktora, kojima je uvjet slijed godišnjih doba. Takve promjene dolaze u raznim dijelovima životne zajednice mora, u pelagijalu kao i u bentalu, među biljkama kao i među životinjama. Slijed promjena, koje su u stalnom odnosu prema godišnjim dobama, nazivamo godišnjom periodičnošću. Razlikujemo dvije vrste periodičnosti: jednu, koja se javlja u sezonskim promjenama nekih glavnih životnih pojava, i drugu, koja se očituje u sezonskim promjenama proizvodnje. Prvu nazivamo periodičnost života, a drugu periodičnost proizvodnje.

PERIODIČNOST ŽIVOTA

Pod periodičnošću života obuhvaćamo slijed promjena u jednoj godini u životnim pojavama morskih organizama, i to naročito u rastenju, hranjenju i spolnom umnožavanju.

Periodičnost rastenja i hranjenja. Morske biljke i životinje umjereno toplih i hladnih voda ne rastu jednolično cijele godine, nego u razno doba godine pokazuju različit stepen rastenja. Poslije perioda intenzivnijeg rastenja za toplijeg godišnjeg doba dolazi period manje intenzivnog rastenja ili potpunog počinka u drugom dijelu godine.

Godišnja periodičnost rastenja očituje se u strukturi pršljenova, ljusaka i otolita riba, u koncentričnim prstenovima kod ljuštura školjaka i t. d. Stoga ovi elementi mogu poslužiti za određivanje starosti jedinaka. Brzina rastenja može se odrediti izučavanjem tjelesne dužine u odnosu prema starosti. Za određivanje brzine rastenja upotrebljavaju se također opažanja dobivena na markiranim i opet ulovljenim vrstama (osobito ribama).

Godišnja je periodičnost rastenja u umjereno toplim i hladnim vodama normalna pojava, koju susrećemo kod jednogodišnjih, a i kod višegodišnjih organizama. Jednogodišnje biljke i životinje ograničuju svoj vegetativni život na izvjesno doba godine. U to doba prelaze iz stanja mirovanja u aktivni život, rastu, i to s početka sporije, a onda sve brže, pa opet sporije, dok ne uginu ostavljajući iza sebe trajne stadije u obliku spora, zimskih jaja i t. d., a ti stadiji preživljuju ostalo godišnje doba u stanju mirovanja. Takvi jednogodišnji organizmi relativno su česti u neritskom planktonu, i oni aktivno doba provode planktonskim, a stadij mirovanja bentoskim načinom života. Mnogobrojna jednogodišnja bića dolaze također u bentoskoj flori i fauni.

Godišnja periodičnost rastenja jednogodišnjih bića očituje se naročito u pojavi sukcesije vrsta. Ona se sastoji u činjenici, da se jednogodišnje vrste pojavljuju i kazuju maksimum biomase u različno, za svaku vrstu približno stalno godišnje doba tako, da jedne vrste nestaju, kad se druge tek javljaju, a treće su još dosta daleko od početka svoga razvitka.

Sukcesiju vrsta možemo pratiti na pr. kod planktonskih dijatomeja, među kojima razlikujemo zimske, proljetne i ljetne oblike sa svim prijelazima. I one planktonske vrste, koje nikada ne nestaju iz vode, obično pokazuju u stalno godišnje doba maksimum dijeljenja i gustoće, i ti maksimumi slijede kod raznih oblika jedni iza drugih analogno kao kod jednogodišnjih oblika. Analogno katkada i cijele više sistematske jedinice pokazuju stalnu periodičnost rastenja. Tako dijatomeje pokazuju u našim vodama maksimum razvitaka zimi, kokolitoforide u proljeće, a od dinoflagelata *Thecatales* i *Gymnodiniales* u proljeće, a *Peridiniales* i *Dinophysiales* u ljetu i jeseni.

I višegodišnji organizmi pokazuju godišnju periodičnost rastenja, i ona se javlja kod raznih vrsta na različiti način. Veći dio bentoskih alga u našim vodama odbacuje u vrijeme počinka veći ili manji dio steljke, tako na pr. rod *Cystoseira*, a naročito *Acetabularia*, koja gubi sav talus, osim prizemnog dijela, spomoću kojeg je pričvršćena na podlozi i preživljuje nepovoljno godišnje doba. Neke višegodišnje biljke (na pr. *Codium, Halimeda*) i najveći dio metazoa očituju godišnju periodičnost samo izmjenom perioda rastenja i nerastenja ili perioda bržeg i sporijeg rastenja. Intenzivnije rastenje je općenito ograničeno na proljeće i ljeto, no kod nekih vrsta zahvaća i u hladnije godišnje doba.

Školjka *Mya arenaria* raste u irskim vodama za proljeća i ljeta, a miruje od listopada do ožujka (Newcombe). Poput nje i kamenica (*Ostrea*, Orton). Naprotiv ježinac *Echinocardium cordatum* raste cijele godine, osim u kasnu zimu (Moore). Periodičnost rastenja općenito pokazuju ribe. Bakalar najbrže raste između svibnja

i srpnja, a u zimi ne raste (L y m a n D u f f). I iverak Sjevernog mora (*Pleuronectes platessa*) raste samo od travnja do listopada, dok u većem dijelu jeseni i zime ne raste (B ü c k m a n n 1934).

Uporedo s periodičnošću rastenja često se javlja kod morskih životinja i p e r i o d i č n o s t h r a n j e n j a. Kod mnogih je hranjenje ili sasvim ograničeno na izvjesno godišnje doba ili je u nekim dobama intenzivnije nego u drugima. Periodičnost hranjenja je dobro poznata kod riba.

Tako spolno nezreli iverak (*Pleuronectes flesus*) uzimlje cijele zime malo hrane ili se uopće ne hrani i tada mršavi, a intenzivno se hrani preko ljeta i tada deblja. Mrijesna se riba ne hrani samo u vrijeme mriješćenja (zimi). Analognu pojavu pokazuju i nektonske ribe, tako na pr. haringa i srdjela. One se, koliko je poznato, u vrijeme mrijesnog perioda preko zime ne hrane, a intenzivno se hrane i debljaju u proljeće i ljeto (M a r s h a l l - N i c h o l s - O r r). Periodičnost hranjenja dolazi i kod beskičmenjaka. Tako se ježinac *Echinus esculentus* hrani u irskim vodama od svibnja do prosinca, a hranjenje se poznaje po prisustvu naročitog pigmenta (ehinorubina) u crijevu, koji potječe od algalne hrane (M o o r e).

P e r i o d i č n o s t u m n o ž a v a n j a. Ima biljaka, koje se spolno umnožavaju cijele godine, no najveći je broj onih, kod kojih je spolno dozrijevanje i oslobađanje spolnih stanica ograničeno na određeno godišnje doba. — Evropska kamenica mrijesti se u sjeveroevropskim vodama za toplog dijela godine. Naprotiv mnoge ribe mrijeste se zimi. Tako bentoski iverak (*Pleuronectes flesus*) u sjeveroevropskim morima mrijesti se od veljače do travnja (D o u g l a s W e l s c h). Slično se i nektonska srdjela mrijesti u Jadranu od rane zime do polovine proljeća (G a m u l i n).

Za neke je rase ili populacije upravo značajna različita periodičnost mriješćenja. Tako haringa u Baltiku pokazuje dva različita tipa, od kojih se jedan mrijesti u proljeće, a drugi u jesen. Analogno haringe iz Sjevernog mora, kao i haringe iz norveških i islandskih voda, imaju po dvije ili više populacija, koje su obilježene raznim dobama mriješćenja (J o h a n s e n 1927).

Katkada periodičnost mriješćenja prate neke druge pojave, tako na pr. p e r i o d i č n o s t p u t o v a n j a, kakva su poznata kod nektonskih kao i kod bentonskih riba (str. 115).

O d n o s r a s t e n j a p r e m a u m n o ž a v a n j u. S obzirom na odnos perioda rastenja prema periodu umnožavanja možemo razlikovati tri tipa morskih životinja (O r t o n). Prvom tipu pripadaju one, kojih rastenje i mriješćenje padaju približno u isto doba (rodovi *Clavellina* i *Plumularia* u Sjevernom moru). Drugom tipu pribrajamo životinje, koje rastu najviše u vrijeme perioda mriješćenja, a u manjoj mjeri i izvan njega. Takve su na pr. vjerojatno većina školjaka

(na pr. *Cardium edule*). U treću grupu idu životinje, kod kojih se period mriješćenja pravilno izmjenjuje s periodom rastenja. Takov slučaj dolazi kod evropske kamenice (*Ostrea*), kod koje su istraživani odnosi mriješćenja i rastenja.

Rast ljušture u vodama Kanala ograničuje se na izvjesno doba u proljeće i u jesen, prije i poslije mrijesne periode. Na taj se način kod kamenice preko godine, kako se čini, izmjenjuju dva antagonistička stanja metabolizma: jedno, koje se očituje u intenzivnom hranjenju, rastenju ljušture, gomilanju rezerve i pripremanju gonada za mriješćenje; i drugo, u kojemu se završava dozrijevanje gonada i vrši mriješćenje (O r t o n, 1928). Analognu pojavu susrećemo kod mnogih riba, kod kojih se period ljetnog rastenja i hranjenja izmjenjuje s periodom zimskog mriješćenja. Da li i do kojih granica smijemo smatrati ovu izmjenu obaju perioda općom pojavom kod morskih životinja i kakve razlike pokazuju iste vrste u raznim morima, o tome smo danas još slabo obaviješteni.

U z r o c i g o d i š n j e p e r i o d i č n o s t i osnivaju se s jedne strane u specifičnoj unutrašnjoj organizaciji živih bića, a s druge strane u periodičnim izmjenama uvjeta sredine. Što se tiče s p e c i f i č n e u n u t r a š n j e o r g a n i z a c i j e, o tome jedva znamo što konkretno. Iz različitog vladanja raznih organizama i iz njihova različitog metabolizma očito izlazi, da u njihovoj unutrašnjoj organizaciji ima n e š t o s p e c i f i č n o g, što određuje njihov način reagiranja i njihov specifični metabolizam. No to nešto specifično, što pretpostavljamo u unutrašnjoj organizaciji živih bića, može djelovati samo pod utjecajima fizičkih i kemijskih uvjeta vanjske sredine, pa kako se periodično mijenjaju ovi uvjeti, tako se mijenjaju i reakcije unutrašnje organizacije periodično. Taj drugi faktor, koji sudjeluje u određivanju godišnje periodičnosti, periodično je mijenjanje životnih uvjeta. Od ovih t e m p e r a t u r a m o r s k e v o d e pokazuje najočitije odnose prema godišnjoj periodičnosti života morskih organizama. Temperatura najvećeg dijela oceana između trajno toplih tropskih i trajno hladnih polarnih voda pokazuje u gornjim slojevima znatna godišnja kolebanja, koja su, u krupnijim crtama i do nekih geografijskih širina, to veća, što se više udaljujemo s jedne strane od ekvatora prema polu, a s druge od pola prema ekvatoru. Godišnje kolebanje temperature odlučan je, ako ne i jedini, direktni vanjski faktor godišnje periodičnosti.

Na prvom mjestu i n t e n z i t e t h r a n j e n j a zavisi o stepenu temperature. Tako se kopepod *Calanus finmarchicus* najintenzivnije hrani pri 8° C, a hranjenje je slabo, ako temperatura padne do 3° ili poraste na 13° C. Prema eksperimentalnim istraživanjima D a w e s o v i m (1930—31) intenzitet hranjenja iverka raste s porastom temperature, a pri niskim temperaturama se iverak uopće ne hrani.

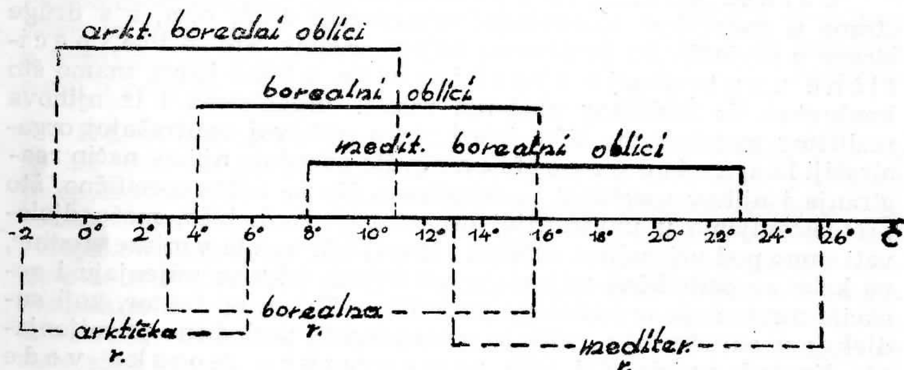
I p e r i o d i č n o s t r a s t e n j a pokazuje odnos prema temperaturi. To se naročito jasno pokazuje na rastenju ljušture kod kame-

nice. U irskim vodama ona počinje rasti, kad voda dosegne 10° do 11° topline, i nastavlja da raste, sve dok temperatura ne prijeđe 15°—16°C. Temperature između 10°—11° i 15°—16° dolaze u proljeće i u jesen. Zbog toga kamenice u irskim vodama pokazuju dvostruk period rastenja: proljetni i jesenski.

Kod ježinca (*Echinus esculentus*) postoji upravan odnos između brzine rastenja u nekoj godini i temperature mora (M o o r e). Isto tako temperatura utječe na brzinu rastenja iverka u raznim morima, pa i u jednom istom. Tako on brže raste u toplijim jugozapadnim nego u hladnijim jugoistočnim vodama Grenlanda (B ü c k m a n n).

Da brzina rastenja zavisi do neke mjere i od prisustva veće ili manje množine hrane, sasvim je razumljivo.

I periodičnost mriješćenja u očitom je odnosu prema temperaturi okolne vode. Za mnoge je morske životinje ustano-



Sl. 144. — Horizontalno izvučene crte naznačuju temperaturno područje normalnog razvitka arktičkoborealnih, borealnih i mediteranskoborealnih vrsta. Isprekidane horizontalne crte naznačuju godišnja temperaturna kolebanja arktičke, borealne i mediteranske regije (S v e n R u n n s t r ö m).

vljeno, da je doba njihova mriješćenja određena stalnom minimalnom, a kod nekih i stalnom maksimalnom temperaturom, i te se tako zvane **k r i t i č k e t e m p e r a t u r e** mogu smatrati **f i z i o l o g i j s k i m k o n s t a n t a m a** životinja.

Minimalne su temperature za dozrijevanje gonada i za mriješćenje kod ježinca (*Echinus esculentus*) oko 7° C, za *Balanus tintinnabulum* oko 16° C, za kamenicu 15—16°, a za skušu 12—13°.

Budući da kritičke temperature određuju početak i godišnje doba mriješćenja i budući da homotermni periodi (doba jednakih temperatura) dolaze na raznim geografijskim tačkama u razno doba godine i različito traju, početak mriješćenja kao i njegovo trajanje kod

istih životinjskih vrsta mogu biti na raznim geografijskim tačkama različiti. Tako arktičko-borealne vrste, kod kojih se jaja normalno razvijaju između 1° i 11°C, mrijeste se u arktičkim predjelima preko ljeta, a u borealnim za zime. Mediteransko-borealne vrste, koje se normalno razvijaju kod 8° do 22°C, umnožavaju se u borealnom području u ljetu, a u Mediteranu zimi i u proljeće (S v e n R u n n s t r ö m 1927, slika 144). S istih razloga mriješćenje kamenice traje u južnim vodama sedam ili više mjeseci, u sjevernim pak samo jedan do dva mjeseca, a za hladnih godina može i sasvim izostati (O r t o n, L o B i a n c o).

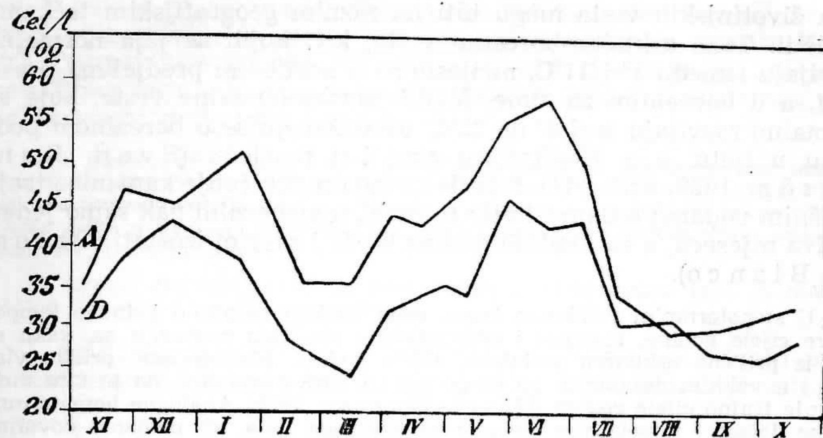
U stenotermnim prilikama tropa, gdje vladaju približno jednake temperature cijele godine, rastenje i umnožavanje životinja nastavlja se, kako se vidi iz prilično oskudnih podataka, cijele godine. Homotermne prilike vladaju i u velikim dubinama, pa se po nekim znakovima čini, da je i tu mriješćenje trajno cijele godine (H j o r t - M u r r a y, 1912). Analogno homotermne prilike dolaze i u polarnim vodama za kratkoga ljeta, ali nemamo dovoljno podataka o periodičnosti rastenja i mriješćenja životinja tih voda.

Literatura:

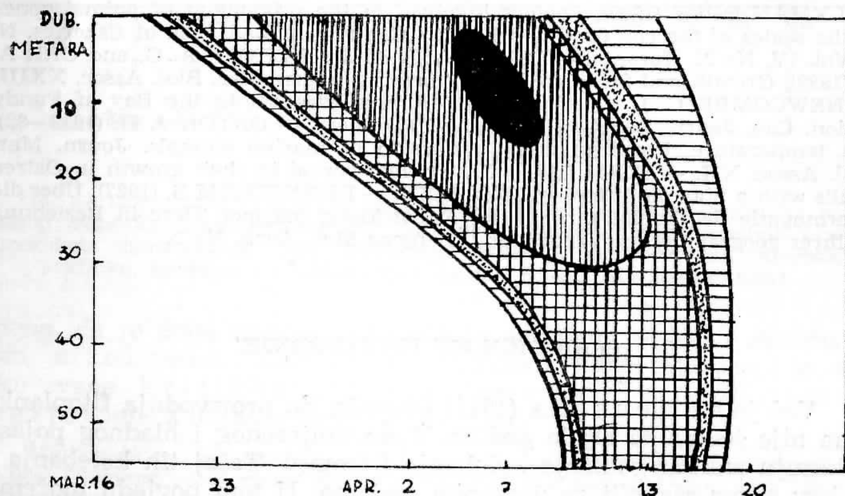
BÜCKMANN A. (1934), Die Hauptlinien der internationalen Schollenuntersuchungen der letzten Jahre. Journ. du Cons. IX. — DAWES B. (1930—31), Growth and maintenance of the plaice. Journ. Mar. Biol. Assoc. XVII. — JOHANSEN A. C. (1927), On the migrations of the herring. Journ. du Cons. II. — LYMAN DUFF (1929), Factors involved in the production of animal zones in the scales of the cod (Gadus callarias). Contr. to Canad. biol. of fisheries, N. S. Vol. IV, No 21, Toronto. — MARSHALL S. M., NICHOLS A. G. and ORR A. P. (1939), Growth and feeding of young herring. Journ. Mar. Biol. Assoc. XXIII. — NEWCOMBE C. L. (1935), Growth of Mya arenaria in the Bay of Fundy region. Can. Journ. Res. Ser. D, Vol. XIII, Otawa. — ORTON J. H. (1919—22), Sea temperature, breeding and distribution of marine animals. Journ. Mar. Biol. Assoc. XII. — IDEM (1928), On rhytmic period in shell growth in Ostrea edulis with a note on fattening. Ibidem XV. — RUNNSTRÖM S. (1927), Über die Thermopatie der Fortpflanzung und Entwicklung mariner Tiere in Beziehung zu ihrer geographischer Verbreitung. Bergens Mus. Aarb. No 2.

PERIODIČNOST PROIZVODNJE

Već je od H e n s e n a (1911) poznato, da proizvodnja fitoplanktona nije jednolika cijele godine. Vode umjerenog i hladnog pojasa pokazuju znatna godišnja kolebanja fitomase. Tečaj tih kolebanja i njihov opseg različiti su u raznim vodama. U tom pogledu možemo razlikovati **t r i g l a v n a t i p a p r o i z v o d n j e**: mediteranski, borealni i arktički. **M e d i t e r a n s k i** dolazi u toplim vodama Mediterana. Ove pokazuju više godišnjih maksima proizvodnje. Od minimuma je najstalniji i redovno najjači onaj u vrijeme ljetnog temperaturnog slojanja.



Sl. 145. — Godišnji tok proizvodnje fitoplanktona na stanici *A* (u Kaštelanskom zalivu) i *B* (pred otokom Šoltom) u razdoblju studeni 1936—listopad 1937. Krivulje naznačuju logaritme broja stanica (E r c e g o v i ć).



Sl. 146. — Proljetna cvatnja dijatomeja i pomicanje njihova maksimuma na engleskoj obali (Loch Striven) god. 1926. (M a r s h a l l i O r r). Bijelo polje: ispod 50 dijatomejskih lanaca u cm³; horizontalne crte, 50 do 125 lanaca; točkice, 125 do 250 lanaca; mrežasta crtnja, 250 do 500 lanaca; vertikalne crte, 500 do 1250 lanaca; crno, preko 1250 lanaca u cm³ vode.

Dosadašnja istraživanja proizvodnje fitoplanktona u obalnim vodama blizu Splita pokazuju dva glavna maksimuma: zimski i proljetno-ljetni (E r c e g o v i ć 1936, 1940, sl. 145). U vodama Banyulsa i Monaka, na francuskoj obali, od dva glavnija maksima jedan se javlja u kasnoj zimi, a drugi potkraj ljeta (B e r n a r d, 1939).

Množina je fosfata u mediteranskim vodama preko cijele godine vrlo niska, tako da nema jako izrazitih razlika među pojedinim godišnjim dobama. U fitoplanktonskoj cvatnji Mediterana sudjeluju naročito flagelati, kokolitoforidi i dinoflagelati. Dijatomeje sudjeluju u znatnijoj mjeri u sjevernijim ograncima, tako u Jadranu.

B o r e a l n i t i p proizvodnje dolazi u hladnijem dijelu umjerenog pojasa, u Kanalu, u Irskom moru, u Sjevernom i Baltičkom moru, u norveškim vodama i t. d. U ovom području proizvodnja je fitoplanktona za zime vrlo niska. Nagli porast dolazi rano u proljeću i za nekoliko sedmica dolazi i glavni godišnji maksimum (b i o l o g i j s k o p r o l j e ć e). Intenzivnija proizvodnja počinje obično na površini i blizu kraja, a kasnije se širi prema otvorenom i u dubinu. (Sl. 146). I maksimum se javlja najprije na površini, a kasnije u nižim slojevima. U vrijeme proljetne cvatnje masa fitoplanktona obično je mnogo veća od mase zooplanktona. Za ljeta proizvodnja pokazuje jača ili slabija kolebanja. U to doba masa je zooplanktona najveća i obično znatno veća od mase fitoplanktona (b i o l o g i j s k o l j e t o.) Na kraju ljeta ili u prvoj polovini jeseni dolazi ponovo do intenzivnijeg razvitka fitoplanktona i do drugog godišnjeg maksimuma proizvodnje, koji znatno zaostaje iza proljetnog (b i o l o g i j s k a j e s e n). Poslije toga dolazi zimski počinak, za kojeg nastaje opće smanjivanje i fitoplanktona i zooplanktona (b i o l o g i j s k a z i m a).

Množina fosfata u vrijeme zimskog maksimuma i u proljeće neposredno prije početka cvatnje iznosi 30 do 40 mg u m³ ili malo iznad toga, a to je daleko iznad iznosa u Mediteranu. Stoga su množina fitoplanktona u vrijeme proljetne cvatnje i opseg kolebanja, t. j. razlika između maksima i minimuma, mnogo veći nego u Mediteranu (deset puta prema B e r n a r d u).

U proljetnoj i jesenskoj cvatnji borealnih voda dijatomeje čine glavni dio fitomase. Flagelati, a naročito kokolitoforide, od neznatnog su značenja za proizvodnju. Dinoflagelati (rod *Ceratium)* imaju nešto vidljiviju ulogu samo preko ljeta.

A r k t i č k i t i p proizvodnje dolazi u hladnim vodama arktičkog i antarktičkog porijekla, tako na pr. u Barencovu moru i u vodama oko Islanda i Grenlanda. U ovim je vodama proizvodnja ograničena na dulje ili kraće vrijeme preko ljeta i ima samo jedan go-

dišnji maksimum, i to obično već u prvoj polovici ljeta. Nakon ljetne cvatnje dolazi dugotrajno mirovanje od jeseni sve do polovine proljeća ili do početka ljeta.

U Barencovu moru proizvodnja traje oko 100 dana, t. j. od početka svibnja do polovice kolovoza (Kreps i Veržbinskaja, 1930). U polarnoj struji između Islanda i Grenlanda cvatnja fitoplanktona počinje se obično u lipnju, pošto se kompaktni led zbog topljenja pocijepa u manje gromade, i traje još u jednom dijelu srpnja, do početka stabilizacije odnosno slojanja gornjih slojeva (Braarud 1935).

Množina soli u minimumu u arktičkoj je vodi veća nego u borealnoj. Arktičke vode Barencova mora sadržavaju oko 50 mg fosfata ili više, dok ogranak atlantske struje (borealne vode) u istom moru sadržava samo do 40 mg u m³. Zbog visokog iznosa hranjivih soli fitoplankton arktičkih voda u vrijeme ljetne cvatnje često je tako gust, da vodu bojadiše zelenkastosmeđom bojom (Nansen). U cvatnji sudjeluju skoro isključivo dijatomeje, i to poglavito arktičkoneritski oblici.

Uzrok je godišnje periodičnosti proizvodnje godišnje kolebanje faktora proizvodnje, naime soli u minimumu i svijetla. To je kolebanje u različnim područjima različito, a tomu su uzrok naročito neki indirektni faktori, koji djeluju neposredno na godišnji tečaj faktora proizvodnje, a time posredno i na njezinu periodičnost. Među indirektnim faktorima, koji utječu na periodičnost proizvodnje u mediteranu, prvo mjesto zauzimlju vjetrovi. Među njima različno utječu oni, koji duvaju s kraja prema moru, i vjetrovi protivnoga pravca. Samo prvi djeluju u znatnijoj mjeri na obnavljanje hranjivih soli i time na godišnju periodičnost proizvodnje. To su na dalmatinskoj i južnoj francuskoj obali vjetrovi iz sjevernog i istočnog kvadranta (Ercegović 1936, Bernard 1939). Oni odnose vodu od obale prema otvorenom moru i time uzrokuju naviranje dubinske vode, a s njom i dopremu hranjivih soli prema obali i površini. Budući da vjetrovi s kraja duvaju najčešće i najjači su u jeseni i zimi, u to vrijeme znatno pridonose obnavljaju soli i čine jedan od glavnijih faktora zimskog maksimuma dijatomeja. Njihovo djelovanje se u to godišnje doba znatno pojačava vertikalnim strujama, koje nastaju zbog ohlađivanja površinske vode.

Drugi je indirektni faktor, koji u obalnom području Mediterana znatno utječe na obnavljanje soli i porast fitoplanktona, pritjecanje slatke vode. Budući da je pritjecanje najobilnije u proljeće, ono znatno utječe na pojavu proljetnog maksimuma, koji se javlja u obalnim vodama uzduž dalmatinske obale.

Za ljeta hidrografijski su uvjeti gornjih slojeva u Mediteranu slični uvjetima u tropskim vodama preko cijele godine, jer u to godišnje doba leži iznad termokline deblji sloj epitalase, koji stoji na putu vertikalnom obnavljanju vode. Ovaj sloj stabilne tople vode uzrok je glavnom godišnjem minimumu, koji susrećemo u cijelom području Mediterana preko ljeta.

Budući da se oba faktora, koji određuju godišnju periodičnost proizvodnje u Mediteranu, naime vjetrovi s kraja i pritjecanje slatke vode, znatno kolebaju ne samo od položaja do položaja, nego i od godine do godine, to je i godišnja proizvodnja fitoplanktona na raznim tačkama i u raznim godinama nejednolika i naoko nepravilna.

U borealnim vodama svijetlo, kako se čini, bitno utječe na godišnju periodičnost proizvodnje. Zimi pada na površinu voda u Kanalu otprilike samo deveti dio maksimalnog osvjetljenja u ljetu, a to je približno iznos, koji ljeti dospijeva u dubinu od nekih petnaestak metara. Zbog toga je, prema Harveyu i dr., svijetlo u zimi faktor ograničenja u proizvodnji. U to vrijeme hranjive soli pokazuju maksimalne iznose. Na kraju zime ili rano u proljeće, obično već u ožujku, kad intenzitet totalnog osvjetljenja poraste do potrebnog minimuma, počinje proljetno bujanje dijatomeja. Potreban minimum osvjetljenja zavisi od visine sunca ili dužine dana, zatim od trajanja stvarnog osvjetljenja, t. j. o broju sunčanih sati, koji opet zavisi i od stepena naoblačenosti. U vrijeme glavne proljetne cvatnje iznos soli u minimumu naglo pada, a s njime i proizvodnja, koja stvarno traje samo nekoliko sedmica. Stepen proizvodnje u ljetu ostaje nizak, jer je u to doba obnavljanje soli zbog ugrijavanja i stabiliziranja gornjih slojeva i odsustva konvekcije slabo. To obnavljanje postaje intenzivnije potkraj ljeta i na početku jeseni, i to koje zbog rastvaranja proljetnog i ljetnog planktona, a koje zbog početka konvekcijskog strujanja, pa to i uzrokuje pojačanje proizvodnje i pojavu drugoga (jesenskog) godišnjeg maksimuma fitoplanktona.

Prema nekima (Marshall i Orr 1930) nije svijetlo odgovorno za nedostatak proizvodnje u zimi, nego intenzivno vertikalno strujanje vode zbog konvekcije. Budući da se zimi kompenzacijska točka (str. 155) nalazi samo malo (5—6) metara ispod površine, i fotosintetska (produktivna) zona je vrlo tanka, vertikalne konvekcijske struje nose sobom dijatomeje iz produktivne zone u dublje slojeve, i tako one ne ostaju dosta dugo u osvijetljenoj zoni, da bi se mogle razviti u gušće naselje. Istom na početku proljeća, kad s porastom temperature dođe do neke stabilizacije gornjega sloja, alge ostaju dosta dugo u osvijetljenom pojasu, te se mogu dijeliti i umnažati. Ovo mišljenje osniva se na opažanju, da su dijatomeje u zimi rasle u laboratoriju kod približno jednakog osvjetljenja, kakvo je bilo u gornjim slojevima vode. Ako je ovo mišljenje Marshalla i Orra opravdano, ono dokazuje, da isti

faktor stabilizacije i slojanja vode, koji preko ljeta djeluje negativno na obnavljanje soli i na proizvodnju, u proljeće može da utječe na porast gustoće fitoplanktona.

Kod a r k t i č k o g t i p a svijetlo sigurno odlučno utječe na godišnju periodičnost proizvodnje. No ovdje sudjeluje posredno i temperatura, jer je minimalnom iznosu svijetla, potrebnom za početak fitoplanktonske cvatnje, uslov otapanje leda, dakle temperatura, po kojoj zatvorene gromade leda postaju više otvorene tako, da svijetlo može bez zapreka prodirati u vodu.

N a n s e n (1902) piše: »Sjeverni polarni bazen bez prestanka prima iz sibirskih, sjeveroameričkih i sjeveroevropskih rijeka obilje hranjivih soli, koje se u njemu gomilaju, a ne troše se dotle, dok su vode prekrivene ledom. No kad od česti nestane ledenog pokrova zbog otapanja, svijetlo dobiva slobodan pristup u vodu i može da se stvara klorofil... Klica ima dovoljno, pa se naglo razvija bogat plankton«. S tim se tumačenjem slaže i G r a n.

L i t e r a t u r a.

BERNARD F. (1939), Étude sur les variations de fertilité des eaux méditerranéennes. Journ. Cons. intern. Expl. Mer, 14, 228. — ERCEGOVIĆ A. (1936), Études qualitative et quantitative du phytoplancton dans les eaux cotières de l'Adriatique oriental moyen. Acta adr. I, 9, Split. — IDEM (1940), Weitere Untersuchungen über einige hydrographische Verhältnisse und über die Phytoplanktonproduction in den Gewässern der östlichen Mitteladria. Acta Adriat. II, 3. — GAMULIN T. (1939), Kvalitativna i kvantitativna istraživanja planktonskih kopepoda u istočnim obalnim vodama srednjega Jadrana tokom god. 1936—37. Prir. istraž. Jugoslavije sv. 22, Zagreb. — GRAN H. H. (1902), Das Plankton des Norwegischen Nordmeeres von biologischen und hydrographischen Gesichtspunkten behandelt. Rep. of Norweg. Fiskery and marin. investig. Vol. II, No 5, Bergen. — COOPER L. H. N., LEBOUR M. V. A. RUSSEL F. S. (1935), Plankton production and its control. Journ. Mar. Biol. Assoc. XX, 2. — HENSEN V. (1911), Das Leben im Ozean nach Zählungen seiner Bewohner. Ergebnisse der Planktonexpedition, 5. — MARSHALL S. M. and ORR A. P. (1930), A study of the spring diatom increase in Loch Striven. Journ. Mar. Biol. Assoc. XVI, 3.

FLUKTUACIJE U PROIZVODNJI

Svaka biljna i životinjska vrsta pokazuje u izvjesno doba godine maksimum biomase, no ti maksimumi mogu znatno kolebati od godine do godine. Takva kolebanja biomase nazivamo f l u k t u a c i j a m a.

Prvu pobudu za izučavanje fluktuacija dala je ribarska industrija, koja je pokazala da se lov ekonomski važnih riba, kao srdjela, haringa, bakalara i t. d., znatno koleba od godine do godine. Iza bogatih godina, koje ribarima donose blagostanje, dolaze siromašne.

Istraživanju toga važnog problema fluktuacija prvi je pristupio J. H j o r t, koji je zbog toga stao izučavati sastav ribljeg naselja ili populacije, i to na osnovu reprezentativnih uzoraka.

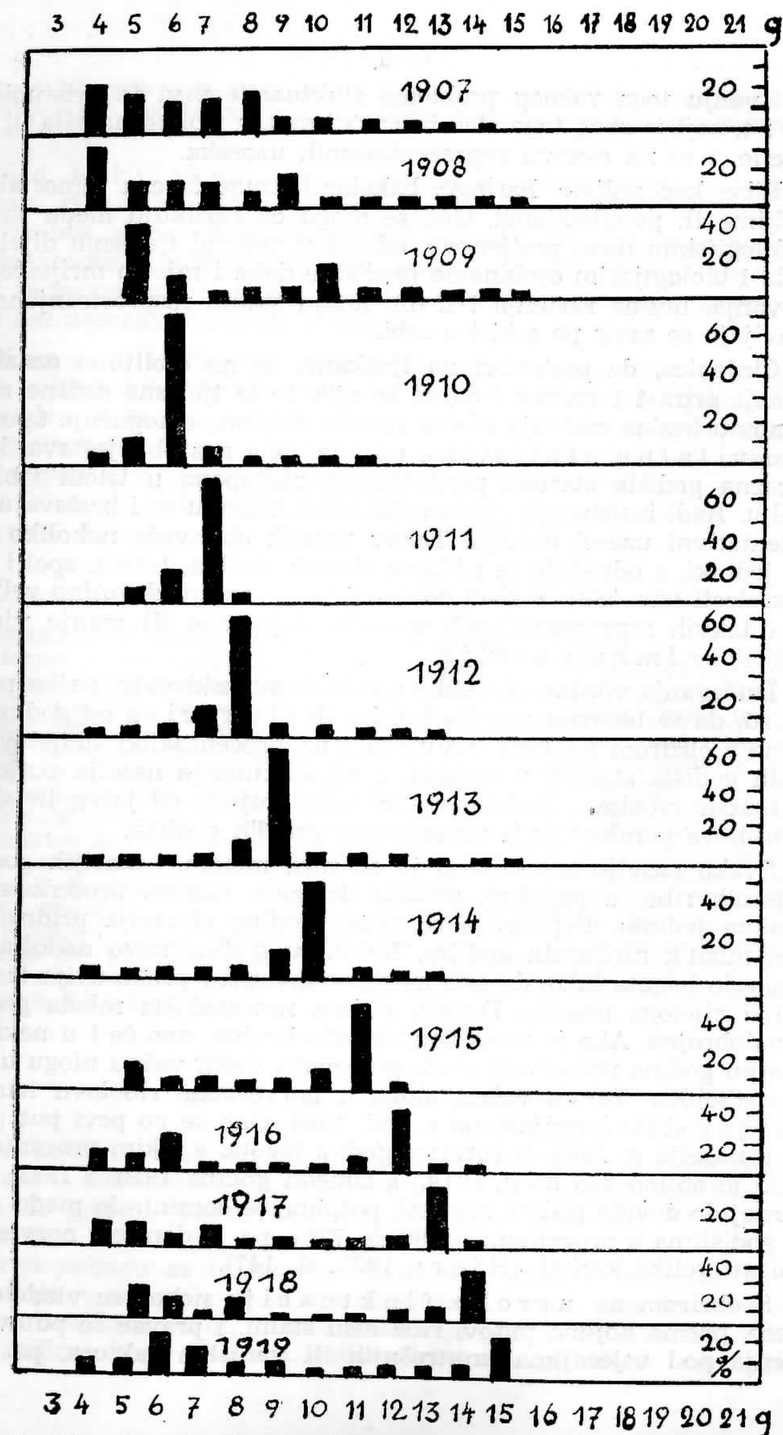
Ribe, kao srdjele, haringe, bakalar i druge žive u samostalnim naseljima ili populacijama. One se mogu da razlikuju među sobom morfologijskim (broj pršljenova, odnosi u veličini tjelesnih dijelova, i t. d.) i biologijskim osobinama (godišnje doba i mjesto mriješćenja, putovanja, brzina rastenja i t. d.), imaju stalnu rasprostranjenost i obnavljaju se same po sebi i u sebi.

Činjenica, da prstenovi na ljuskama ili na otolitima označuju godišnji prirast i starost i da se iz njih te iz tjelesne dužine može ustanoviti brzina rastenja ribe u raznim dobima, omogućuje upoznavanje v i t a l n e s t a t i s t i k e naselja. Ona nas obavještava, kako su razna godišta starosti procentualno zastupana u istom ribljem naselju. Radi izučavanja vitalne statistike uzimlju se i izučavaju reprezentativni uzorci naselja. Takav uzorak obuhvaća nekoliko stotina jedinki, a određuje se njihova starost, dužina, težina, spol i stanje zrelosti (str. 348). Podaci dobiveni izučavanjem dovoljno velikog broja takvih reprezentativnih uzoraka daju više ili manje vjernu sliku ili s n i m k u n a s e l j a.

Izučavanja vitalne statistike nekih ekonomski važnih riba pokazala su, da se biomasa naselja koleba ili f l u k t u i r a od godine do godine s obzirom na broj individua i na procentualno sudjelovanje raznih godišta starosti u naselju, a od fluktuacija naselja potječu i fluktuacije ribolova. Fluktuacije naselja potječu od jačeg ili slabijeg njihova pomlađivanja pridolaskom mlađih godišta.

Svako naselje sastavljeno je od niza mlađih i starijih godišta mrijesnih riba, a pojedina godišta dolaze s raznim procentualnim iznosima jedinki. Populacija se svake godine obnavlja pridruživanjem mlađih mrijesnih godišta. Nekih su godina novo nadošla godišta vrlo bogata tako, da ona mogu obuhvatiti i preko dvije trećine jedinki cijeloga naselja. Drugih godina novonadošla mlađa godišta su malobrojna. Ako je novo godište vrlo brojno, ono će i u nekoliko potonjih godina pokazivati visok procenat i vršiti važnu ulogu u prinosu ribolova. Takvu važnu ulogu u norveškom ribolovu haringe imalo je godište izmriješćeno u god. 1904. Ono se po prvi put pojavilo u naselju g. 1908, u četvrtoj godini života, s jakim procentom i ostalo je obilno sve do g. 1919., a između godina 1910. i 1913., t. j. u šestoj do devete godine starosti, potpuno je dominiralo među ostalim godištima s procentom od 60 do 77%, pa je donijelo norveškom ribolovu velike koristi (H j o r t, 1927, sl. 147).

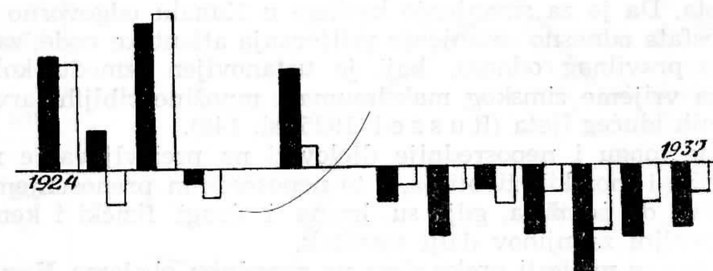
S obzirom na u z r o k e f l u k t u a c i j a nekoć su vladale hipoteze, prema kojima putovi riba nisu stalni, i pravac se putovanja mijenja pod utjecajima unutrašnjih ili vanjskih faktora, pa tako



Sl. 147. — Dobni sastav naselja proljetne haringe od g. 1907 do 1919 u norveškim vodama. Možemo pratiti povijest godišta 1904. od doba, kad su mu bile 3 godine (1907) do doba od 15 g. (J. H j o r t).

siromašne godine ribolova dolaze od skretanja ribe u neodređenom pravcu. Protiv takvih neosnovanih hipoteza H j o r t je postavio problem o uzrocima fluktuacija na stvarnije temelje. U razmatranju problema on je pošao od činjenice, da je svako živo biće u nekoj vremenski ograničenoj fazi života naročito osjetljivo na vanjska djelovanja. Na osnovu činjenice, da se bogata godišta mogu otkriti već u prvoj godini života, zaključio je, da se sudbina svakoga novog godišta određuje već u samom početku njegova života, t. j. u vremenu, kad larve izlaze iz jaja. Ako su u to vrijeme i u vrijeme ranog larvalnog života okolni uvjeti nepovoljni, »porod« će slabo proći; ako su povoljni, larve će se razviti u bogato godište, koje će u svoje vrijeme snažno utjecati na pomlađivanje naselja.

Fluktuacije pomlađivanja mogu se porediti s fluktuacijama roda naših voćaka (H j o r t 1935). Ako u vrijeme njihove cvatnje, koja



Sl. 148. — Skretanje od srednjeg zimskog maksimuma fosfata i srednjeg broja mladih riba, izmriješćenih u ljetu u razdoblju 1924—1937. Crni stupci iznad i ispod horizontalne crte pokazuju, koliko je zimski maksimum fosfata bio svake godine iznad ili ispod srednjaka od 12 godina. Bijeli stupci pokazuju, koliko je svake godine srednji broj mladih riba, ulovljenih prosječno u jednom potezu, bio veći ili manji od srednjaka od 12 godina. (H a r v e y).

traje relativno kratko vrijeme, vlada jaka oluja ili kiše, izostat će posjeta kukaca i oprašivanje, i žetva će biti uništena.

F a k t o r i, koji čine da su okolni uvjeti nepovoljni ili povoljni, direktni su ili indirektni. Prvi djeluju neposredno sami po sebi, a drugi posredno preko prvih. Među d i r e k t n e f a k t o r e fluktuacija ide hrana, kao i fizičke i kemijske osobine sredine. Ako u vodi, u kojoj larve izlaze iz jaja i provode prvi razvitak, nema dovoljno potrebne hrane ili ako su fizički i kemijski uvjeti sredine, u prvome redu temperatura i slanoća, nepovoljni, larve će uginuti, a u protivnom slučaju razvit će se u bogato godište. Ali na sudbinu podmlatka i na pojavu fluktuacija mogu utjecati i biotski odnosi, u prvom redu prisustvo ili odsustvo neprijatelja ili konkurenata. Postoji trajno

ravnotežje između pojedinih dijelova biomase, i »abnormalno« jak porast jednih članova može utjecati na »abnormalno« smanjenje broja drugih članova.

Kao indirektni uzroci fluktuacija mogu djelovati kolebanja struja i neki meteorologijski faktori. Kolebanja struja imaju kao posljedicu kolebanja fizičkih i kemijskih uvjeta na istim geografijskim položajima, dakle uvjeta, od kojih može zavisiti preživljavanje morskih organizama u najranijem i najosjetljivijem stadiju njihova života.

Srednji iznos ribolova haringe u Plymouthu za posljednjih 14 sezona zbog slabog obnavljanja mladih godišta jako pao, i to zbog padanja fosfata u vodama Kanala, koje se dovodi u vezu sa smanjenjem strujanja dubinske atlantske vode u Kanal. Smanjenje fosfata je neposredno djelovalo na smanjenje fitoplanktona, a posredno na smanjenje zooplanktona, kojim se haringe hrane u ranijem stadiju života. Da je za smanjenje haringe u Kanalu odgovorno smanjenje fosfata odnosno smanjenje pritjecanja atlantske vode, zaključuje se iz pravilnog odnosa, koji je ustanovljen između količine fosfata za vrijeme zimskog maksimuma i množine ribljih larva izmriješćenih idućeg ljeta (R u s s e l 1935, sl. 148).

Struje mogu i neposrednije djelovati na preživljavanje novih godišta riba i morskih životinja, i to neposrednim prenošenjem njihovih larva do položaja, gdje su hrana i drugi fizički i kemijski uvjeti povoljni za njihov dalji razvitak.

Bakalar se mrijesti preko zime na zapadnim obalama Norveške. Struje nose jaja i mlade larve daleko od obala prema sjeveru sve do Barencova mora, te će preživljavanje larva zavisiti i od toga, da li će struje donijeti larve na vrijeme do položaja, gdje ima za njih dovoljno povoljne hrane i gdje su i ostali uvjeti života, na prvom mjestu temperatura, za njih povoljni.

Od meteorologijskih faktora na pojavu fluktuacija mogu indirektno utjecati napose stepen osvjetljenja, množina oborina i vjetrovi. Svijetlo može utjecati kao faktor proizvodnje fitoplanktona.

Na nekim točkama engleske obale ustanovljen je paralelizam između broja sunčanih sati u veljači i ožujku i množine kopepodnog planktona i ulovljenih skuša u svibnju u godinama 1902 do 1908. (sl. 149). U godinama, u kojima je bilo u veljači i u ožujku više svijetla, razvilo se i više fitoplanktona, dakle više hrane za kopepodne račiće, kojima se hrane skuše (H a r v e y 1928).

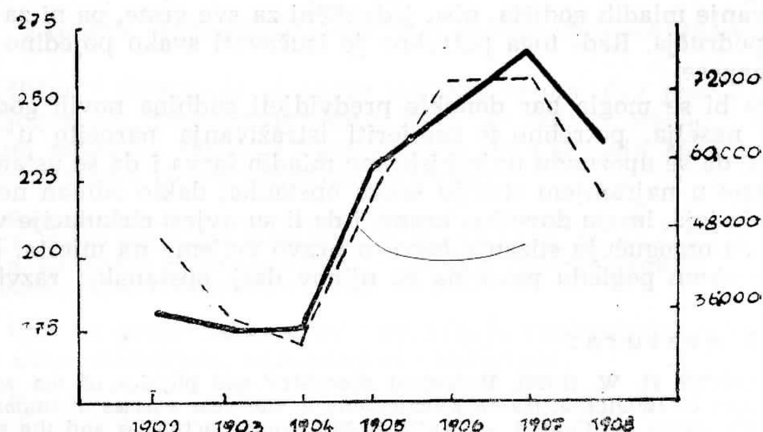
Oborine mogu utjecati na fluktuacije preko slatkovodnih pritoka, obnavljanja fosfata i proizvodnje fitoplanktona.

G r a n pripisuje naročito veliku važnost vodama, koje potječu od otapanja snijega i misli, da obilne kiše i snijeg mogu utjecati

na pomlađivanje ribljih naselja. Polazeći s tog gledišta S u n d je izučavao meteorologijske podatke sa zapadne obale Norveške između g. 1895. i 1925. i doveo ih je u uzročnu vezu s fluktuacijama ribolova bakalara (H j o r t 1927).

Vjetrovi mogu utjecati na pojavu fluktuacija strujama i obnavljanjem soli u minimumu.

Prema J e n s e n u sjeverni i istočni vjetrovi bili su uzrok rđavih godišta iverka u Danskim vodama u razdoblju 1892.—1914. Prema B ü c k m a n n u (1934) isti vjetrovi djeluju nepovoljno na biomasu iverka u Sjevernom moru.



Sl. 149. — Indirektan utjecaj osvjetljenja na proizvodnju skuše na engleskoj obali u razdoblju između g. 1902 i 1908. Isprekidana crta označuje srednji broj sati sunčeva osvjetljenja u februaru i martu, a izvučena crta srednji broj skuša, koji je bio ulovljen u maju po lađi u istim godinama (H a r v e y).

V a ž n o s t i z u č a v a n j a f l u k t u a c i j a. Činjenica da se već u najranijoj fazi ribljeg života može otkriti pojava novih bogatih ili siromašnih godišta, koja uzrokuje fluktuacije u biomasi i prema tome u ribolovu, od najvećeg je praktičkog značenja. Izučavanje pomlađivanja i sastava naselja riba omogućuje predviđanje ribolovnih mogućnosti, t. j. uspjeha ribolova, kako je to već više puta s uspjehom učinjeno s obzirom na ribolov haringe u sjeveroevropskim vodama. Stoga je izučavanje pomlađivanja i njegovih uzroka jedan od najvažnijih i konačnih problema biologije mora.

Da bi izučavanje naselja pokazalo njegov stvarni sastav po godištima starosti, potrebno je dvoje: prvo, da se upotrebe za istraživanje uistinu reprezentativni uzorci, t. j. takvi, koji imaju dovoljno visok broj individua, da se može dobiti što vjernija slika lovine, iz koje su uzeti, i drugo, da se prouči što veći broj takvih uzoraka, uzetih na raznim i udaljenim mjestima područja, na kojemu se isto naselje javlja. Vrijedni se zaključci mogu izvesti samo u slučaju, ako svi uzorci pokazuju bar približno podudaranje.

Iskustvo je pokazalo, da se pojavljivanje bogatih godišta ne vrši po nikakvom određenom zakonu, koji bi jednolično ravnao odnosima svih ribljih vrsta nekog područja, pa je to razlog, da fluktuacije jednih vrsta ne idu uporedo s fluktuacijama drugih, a to biva stoga, jer ni period mriješćenja ni ekologijske potrebe, koje utječu na preživljavanje mladih godišta, nisu jednolični za sve vrste, pa ni za one istog područja. Radi toga potrebno je izučavati svako pojedino naselje napose.

Da bi se mogla bar donekle predvidjeti sudbina novih godišta nekog naselja, potrebno je usmjeriti istraživanja naročito u tom pravcu, da se upoznadu uvjeti ishrane mladih larva i da se ustanovi, da li one u najranijem stadiju svoga opstanka, dakle odmah netom izmile iz jaja, imaju dovoljno hrane, i da li su uvjeti cirkulacije vode takvi, da omogućuju stizanje larva u pravo vrijeme na mjesta, koja su u svakom pogledu povoljna za njihov dalji opstanak i razvitak.

Literatura:

HARVEY H. W. (1928), Biological chemistry and physics of sea water. Cambridge. — HJORT J. (1927), Fluctuations in the year classes of important foodfishes. Journ. du Cons. I. — IDEM (1935), Human activities and the study of life in the sea. The geographical review, Vol. XXV, 4. — KEMP ST. (1938), Oceanography and the fluctuations in the abundance of marine animals. British Assoc. Sect. D, Zool.

Šesto poglavlje:

RASPODJELA ORGANIZAMA U MORU

FAKTORI RASPROSTRANJENOSTI MORSKIH ORGANIZAMA

Biljni i životinjski elementi morskog života nisu jednoliko raspodijeljeni po morskom prostoru. Razni su faktori utjecali i utječu, da oni pokazuju različitu rasprostranjenost i podjelu kako u vertikalnom, tako i u horizontalnom pravcu.

Rasprostranjenjem organizama u moru bavi se biogeografija mora. Počeci ove nauke potječu od M. Edwardsa, M. Sarsa i Ch. Darwina. Za njezino razviće najviše su pridonijele velike ekspedicije, a na prvome mjestu Challengerova (1873.—76.)

Ima tri grupe faktora, koji upravljaju rasprostranjenošću morskih bića: ekologijski, topografijski i historijski.

Ekologijski faktori su koje abiotski, a koje biotski. Abiotski su fizičke i kemijske osobine vanjske sredine (hidrografijski faktori), među njima napose narav morskog dna, temperatura, slanoća, svijetlo, množina plinova i struje.

Kako morsko dno utječe na rasprostranjenost vrsta u bentalu, izloženo je u trećem poglavlju.

Temperatura utječe na rasprostranjenost morskih bića više nego ijedan drugi faktor sredine. Činjenica, da ocean pokazuje u raznim svojim dijelovima razne temperature i temperaturna kolebanja, kao i činjenica, da su morske biljke i životinje upućene na različne temperature i različna njihova kolebanja, čine osnovu, na kojoj se temelji podjela odnosno pojavljivanje vrsta u prostoru. Ne samo rasprostranjenost pojedinih oblika, nego i velikih biocenoza, kao što je na pr. rasprostranjenost koraljnih grebena, pa i čitavih viših sistematskih grupa vezana je uz određene temperature i određen stepen temperaturnog kolebanja. Tako radiolariji, ktenofore, skifozoi, koralji (osim aktinija), krinoidi i raci dekapodi imaju u hladnim vodama malo vrsta. Naprotiv foraminifere, spužve, hidrozoi,

nemertini, poliheti, školjke, izopodi i amfipodi, ofiuroidi i holoturioidi češći su u hladnim vodama. — Euritermni organizmi imaju obično veliku rasprostranjenost, dok su stenotermni indikatori posebnih biogeografijskih regija.

S l a n o ć a je također važan faktor rasprostranjenosti. Kud i kamo najveći broj vrsta živi u normalno slanoj morskoj vodi (oko 35‰), a tek manji broj podnosi s jedne strane znatniji porast, a s druge znatniji pad slanoće. Utjecaj slanoće na otvorenom oceanu ne očituje se ni izdaleka toliko kao temperature, jer su tu kolebanja slanoće relativno malena i utjecaji temperature, koji tu pokazuju mnogo veća kolebanja, znatno prevladavaju. Utjecaj soli na rasprostranjenost živih bića najočitije se ističe na prelaznom području između normalno slanih i bočatnih ili slatkih voda. Tu se slanoća (u prvom redu njezina osmotska vrijednost) pokazuje kao nepremostiva ekologijska brana prijelaza morskih životinja u slatku vodu i obrnuto slatkovodnih u morsku. Tu se očito ističe pravilnost, po kojoj udaljivanje od optimuma slanoće ima kao posljedicu smanjivanje broja vrsta. Ovu ekologijsku pravilnost možemo opažati s jedne strane u slanim jezerima (kao što je Mrtvo more), a s druge u zatvorenim morima, koja primaju mnogo slatke vode i u slaboj su izmjeni s otvorenim oceanom.

Kao primjer može poslužiti Baltik, u kojemu broj životinjskih i biljnih vrsta na površini pravilno pada od zapada prema istoku i sjeveru uporedo s padom slanoće (tablica 37 i 38).

Tablica 37 (K y l i n)

Položaj	Bohuslän	Srednji i sjeverni Halland	Južni Halland i Schonen	Istočno more (Smaland)
Slanoća ‰	33-37	32-19	24-17	8-7
Broj crvenih alga	99	72	56	16
Broj smeđih alga	102	67	45	20

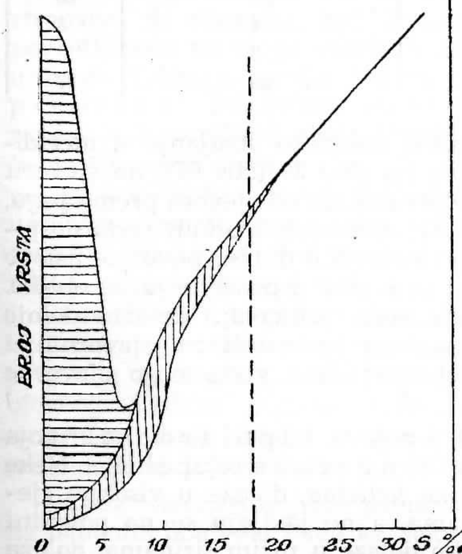
Tablica 38 (R e m a n e)

Položaj	Njemačko područje Sjevernog mora	Beltsko more	Južni dio Baltika do Gotlanda	Sjeverna zavala Baltika
Broj dupljara (sa spužvama)	87	51	15	5
„ crva	112	98	17	7
„ raka	79	61	25	12
„ školjaka i puževa	72	58	13	9
„ ehinoderma	27	8	1	0
„ ascidija	16	6	1	1

Faktor (snižene) slanoće utjecao je i na postanak specifičnih bočatnih flora i fauna, t. j. oblika, koji žive samo u bočatnim vodama, a ne zalaze ni u more ni u slatke vode. Takovih oblika imaju naročito mnogo mora t. zv. južno-ruske geosinklinale (Crno, Azovsko, Kaspijsko i Aralsko).

Pravilnost opadanja broja vrsta s padom slanoće prikazuje grafikon sl. 150.

Utjecaj s v i j e t l a opaža se već kod vertikalne podjele planktonskih vrsta. Dijatomeja *Corethron valdiviae* ima maksimum gustoće bliže površini nego srodna vrsta *C. inerme* (L o h m a n n). Rodovi *Rhizosolenia* i *Chaetoceras* kao oblici svijetla dolaze pretežno u površinskim slojevima, dok *Coscinodiscus, Asteromphalus* i srodni rodovi kao oblici sjene dolaze ljeti u dubljim slojevima, a samo se zimi nalaze bliže površini. Utjecaj svijetla naročito se jako očituje u vertikalnoj raspodjeli bentoskih alga (str. 153). Svijetlo djeluje i na vertikalnu raspodjelu bentoskih životinja, i to u prvom redu posredno, naime time, što djeluje na raspodjelu biljaka, na kojima je naseljena fauna fitala (str. 179). Kako svijetlo posredno djeluje na dubinsku raspodjelu nekih životinja, pokazuju koraljni grebeni i prudovi, koji su ograničeni samo na gornji osvijetljeni sloj morske vode, a to zbog autotrofnih zooksantela, koje žive u staničju grebenastih koralja. Na sličan način i ostalim životinjskim oblicima, koji sadržavaju biljnih elemenata, a ima ih vrlo znatan broj kod raznih grupa: radiolarija, foraminifera, spužava, hidrozoa, meduza i aktinija, treba svijetla i od njega zavise u svojoj vertikalnoj raspodjeli.



Sl. 150. — Odnos između podjele (broja) vrsta i slanoće. Svijetlo polje: morske vrste; vertikalno iscrtano: bočatne; horizontalno iscrtano: slatkovodne vrste (R e m a n e).

Utjecaj p l i n o v a na rasprostranjenost morskih bića javlja se u skrajnim biotopima, u kojima nestašica nekog potrebnog plina, na pr. kisika, onemogućuje život autotrofnog bilja i životinja.

S t r u j e utječu na podjelu i rasprostranjenost živih bića u oceanima kao malo koji drugi faktor, osim temperature. Na rasprostranjenje bentoskih životinja utječu na taj način, što im

prenose larve, koje su obično pelagijske. Na taj način se školjka *Petricola pholadiformis* — američkog porijekla, koja se prvi put pojavila na istočnoj obali Engleske oko 1890. g., — u malo godina raširila po Kanalu i Sjevernom moru. — Kako struje jako utječu na geografijsku rasprostranjenost planktonskih organizama, pokazuje nam njihova raspodjela u gornjim slojevima (do približno 400 metara dubine) arktičko-subarktičkih i antarktičko-subantarktičkih voda. Tablica 39 pokazuje, da planktonske životinje nisu podjednako raspodijeljene u sjevernim i južnim hladnim vodama, nego znatno pretežniji broj dolazi na jugu, jer prema 58 vrsta, koje su značajne za sjeverne, ima ih 90, koje su značajne samo za južne vode (Russel).

Tablica 39

Broj vrsta	Arktičkih i arktič.-borealnih	Antarktično-subantarkt.	Bipolarnih
Coelenterata	18	16	1
Polychaeta	1	4	1
Chaetognatha	2	2	2
Crustacea	33	56	10
Mollusca	1	4	3
Tunicata	3	8	
Ukupno	58	90	17

Ovu pojavu može nam objasniti dubinsko strujanje u meridijanskom pravcu. Kako je prikazano na slici 29 (str. 67), na sjeveru glavno kretanje vode u dubljim slojevima ide od sjevera prema jugu. Na taj način i planktonski stanovnici sjevernih hladnih voda dospijevaju dubinskim putovima na jug i našavši u dubini povoljne uslove za život (niske temperature), mogu se razviti u posebne južne oblike. Posljedica je toga, da južne hladne vode sadržavaju ne samo svoje prvotne stanovnike, nego i one, koji su se razvili od sjevernih, i stoga sadržavaju znatno veći broj specifičnih vrsta nego sjeverne vode.

Struje su uvjet, kako se čini, i pojave bipolarnosti, koja je poznata još od vremena Challengerove ekspedicije. Neke vrste, kao na pr. pteropod *Limacina helicina,* dolaze u visokim sjevernim i u visokim južnim širinama, a ne javljaju se na površini nižih intermedijarnih širina. Koliko dolaze u nižim širinama, dolaze samo u hladnim vodama dubina (pojava submergencija po Ekmanu). Iako pojavu bipolarnosti tumače na razne načine, na pr. kao reliktne oblike toplovodne i kozmopolitske faune ranog tercijara, konvergentne tvorbe sličnih oblika pod utjecajem sličnih životnih uvjeta i t. d., ipak se čini najosnovanijim tumačenje, po kojemu do bipolarnosti dolazi zbog submerznog putovanja vrsta od sjevera prema jugu s hladnim abisalnim strujama meridionalnog pravca.

Među ekologijske faktore rasprostranjenosti ubrajamo i t. zv. biotski faktor (ili biocenotski). Kao takav faktor shvaćamo odnose, koji postoje među raznim članovima naselja i povezuju ih tako, da je opstanak jednih uvjet opstanka ili odsustva drugih. To su najčešće odnosi ishrane, zaštite, simbioze ili komensalizma, neprijateljstva ili konkurencije.

Strogi biljožderi ograničeni su samo na produktivnu (osvijetljenu) zonu mora. Tipske životinje fitala vezane su isključivo na naselje bentoskih alga. Zooksantele, koje žive u koraljima, ograničene su samo na visoke temperature, kao i grebenasti koralji. Sigurno je, da na rasprostranjenje organizama u moru znatno utječe i konkurencija, koja je u moru vrlo jaka, ali su njezini utjecaji ostali do danas gotovo sasvim neistraženi. U tom pogledu mogu nas bolje poučiti detaljna istraživanja biocenoza morskog dna.

Topografijski faktor. Pod ovim shvaćamo topografijske osobine nekog područja, koje prijaju odnosno ne prijaju, rasprostranjenju živih bića. Među takve topografijske osobine idu topografijske prepreke, koje stoje na putu rasprostranjenja i mogu biti različne prirode. Neke se sastoje u velikom prostranstvu ili razmaku, koji životinje za svoje aktivne ili pasivne pokretljivosti ne mogu svladati, da bi se naselile iz jednog područja u drugo. Takvu prepreku čini na pr. t. zv. istočno-pacifička prepreka. Udaljenost između istočnih (azijsko-polinezijskih) i zapadnih (američkih) obala Pacifika bez otoka suviše je široka, da bi je litoralne životinje mogle prevaliti u vrijeme trajanja svojih pelagijskih stadija (kao jaja i larve). Stoga ocean između Polinezije i tropske Amerike tvori oštar prekid u cirkumtropskoj litoralnoj fauni, i ona se od tercijara dalje razvija na obje strane Pacifika odvojeno, tako da već sada govorimo o dvjema raznim faunama: indopacifičkoj i tropskoj američkoj, koje se razlikuju ne samo vrstama, nego također rodovima i porodicama. Zbog istočnopacifičke prepreke u geografijskom pogledu jedinstveni Indopacifik nije u biogeografijskom pogledu jednolik, i fauna istočnog Pacifika na američkoj obali sličnija je atlantskoj s druge strane Amerike nego polinezijskoj u zapadnom Pacifiku.

Zbog istočno-pacifičke prepreke rodovi jegulja i ugor ne dolaze na istočnim obalama Pacifika, iako dolaze na obje strane Atlantika i u zapadnom i centralnom Pacifiku i Indiku.

Postoji još i centralno-atlantska prepreka, koja je uzrok, da od 35 južnijih (koji ne dolaze u borealnom području) rodova strogo bentoskih riba plosnatica samo dva ili tri roda dolaze

na obje strane oceana. Slično vrijedi i za druge grupe. Zbog centralno-atlantske prepreke faune riba na obje strane Atlantika imaju manju sličnost nego faune na obje strane Amerike.

Prepreke rasprostranjenju morskih organizama mogu biti i kopnene mase. Takva je prepreka za dubinsku faunu gibraltarski prag, koji se u svom najdubljem dijelu nalazi samo oko 350 m ispod morske površine, zbog čega su duboke vode Mediterana odijeljene od voda Atlantika. Ova prepreka uvjet je naročitom hidrografijskom karakteru mediteranske vode (visoka slanoća, visoke temperature sve do dna, manji iznosi kisika) i znatnim razlikama u sastavu dubokomorskih fauna s jedne i s druge strane gibraltarskog praga (u Mediteranu nema tipske oceanske dubokomorske faune).

Topografijsku prepreku čini Islandsko-Faroersko otočje i njegovo podvodno produženje poznato pod imenom Wyville-Thomsonov hrbat (oko 560 m u dubini). Ova prepreka stoji na putu normalnom strujanju vode i donosi u dubini s obje strane velike termičke razlike. Stoga od 385 vrsta, koje su nađene u dubini, samo 48 ili 12% dolaze na obje strane prepreke, dok su ostale pretežno ili arktične i dolaze na sjeveru ili atlantske i dolaze na jugu prepreke.

Prepreke topografijskog značaja mnogo manje utječu na rasprostiranje holoplanktonskih oblika nego litoralnih. Prvi su trajni stanovnici planktona i imaju vremena da prevale i najveće udaljenosti. Odatle i potječe homogenost planktona svih toplih voda.

Historijski faktor. Da bismo objasnili podjelu i rasprostranjenost morskih organizama, potrebno je često pribjeći historiji, odnosno geomorfologijskim ili klimatskim promjenama, koje su se ređale za geologijskih perioda prošlosti. Sadašnje ili recentno more nije ni prvobitno prastaro more ni neko sasvim novo, nego posljednja faza brojnih sukcesivnih promjena. Stoga je recentni život mora u tijesnoj genetskoj vezi sa životom prošlosti. Ova genetska veza može nam objasniti rasprostranjenost mnogih vrsta, koja nam često postaje jasna tek onda, kad se obazremo na rasprostranjenost odnosnih ili srodnih vrsta u prošlosti.

Sličnost i srodnost indozapadnopacifičke, tropske američke i tropske zapadnoafričke faune može objasniti prošlost i zajedničko porijeklo iz vremena davno nestalog Tetisova mora (str. 314, Ekman). Analogno i sastav recentnih fauna Mediterana, Crnog i Kaspijskog mora od česti je posljedica geomorfologijskih i klimatskih zbivanja i promjena, koje su se vršile za tercijara.

Literatura:

BROCH HJ. (1927), Methoden der marinen Biogeographie. Abderhalden, Handbuch, Teil. IX, Teil 5, H. 1. — EKMAN SV. (1935), Tiergeographie des Meeres. Leipzig. — GORBUNOV G. (1934), Biologičeskie indikatory in ih značenie v issledovanii Arktika. Arctica No 2. — HESSE R. (1924), Tiergeographie

auf ökologischer Grundlage. Jena. — ORTMANN A. (1896), Grundzüge der marinen Tiergeographie. Jena. — RUSSEL F. S. (1935), A review of some aspects of zooplankton research. Rapp. Proc. verb. Copenhague, 95. — ZENKEVIČ L. A. (1946), Fauna morja, u BOBRIJSKIJ N. A., ZENKEVIČ L. A. i BIRŠTEJN J.: Geografija životnyh, Moskva.

DUBINSKA RASPODJELA

Zonarnost morske sredine u vertikalnom pravcu. S dubinom se mijenjaju fizički i kemijski uvjeti sredine, tako temperatura, svijetlo, slanoća i gustoća, gibanje morske vode, narav morskog dna i sadržaj hranjivih tvari, kao fosfata, nitrata, karbonata i organskih čestica (detritusa i humusa). Svi ti faktori pokazuju više ili manje zonaran raspored.

Najočevidniju zonarnost kazuje svijetlo. Ono se s dubinom mijenja u kvalitativnom i kvantitativnom pogledu tako, da je jakost i boja svijetla u svakoj visini vodenog stupca u prvom redu odraz dubine. Zbog naglog slabljenja svijetla s dubinom donja granica fotosinteze nalazi se u dubini između 200 i 400 m. Temperatura više ili manje pravilnim padom prema dubljim slojevima pokazuje također zonarne odnose. U površinskim vodama oko ekvatora vladaju cijele godine tropske (oko 27°C), u dubini od 200 m dolaze trajno umjereno tople (oko 15°C), u dubini od 1000 m niske (oko 4°C), a već u dubini od 4000 m polarne (ispod + 2°C) temperature. S dubinom pada i stepen temperaturnog kolebanja, koje je na površini u širinama umjerenog pojasa vrlo znatno, a već u dubinama od 150—200 m pa na niže praktički nikakvo. Zbog jačeg gibanja vode (utjecaj valova i morskih doba) i nemogućnosti taloženja finih čestica mulja morsko dno je u plićoj vodi pretežno tvrđe, nego u dubljoj, gdje odsustvo intenzivnijeg gibanja vode omogućuje taloženje finih čestica. Granica djelovanja vala i prema tome gornja granica mulja u Mediteranu nalazi se prosječno u dubini od 40 m. S obzirom na hranjive tvari množina fosfata i nitrata redovno raste s dubinom, dok iznos karbonata kao i množina organskih čestica (detritusa) prema većim dubinama pada.

Zonarna raspodjela morskih organizama. Zonarni odnosi fizičkih i kemijskih uvjeta sredine, u vezi s različitim ekologijskim potrebama i prilagodbama morskih bića, utječu na njihovu zonarnu raspodjelu. Ona se očituje u tri pravilnosti: u padanju cjelokupnog broja vrsta, u povećavanju rasprostranjenosti ili areala pojedinih vrsta, odnosno biocenoza, i u promjeni florističkog i faunističkog sastava životne zajednice mora s dubinom.

S dubinom pada broj vrsta, i to u prvom redu bentoskih, kako se vidi iz tablice 40, u kojoj se podaci temelje na lovi-

nama Challengerove ekspedicije (Sverdrup et al. 1946), i odnose se na veći broj (25—70) postaja.

Tablica 40

Dubina mora	180	180—900	900—1800	1800—2700	2700— 600	3600 -4500	4500
Prosječni broj vrsta na postaji	62 8	51.2	30 9	24 0	15.6	10 6	9 4
Prosječni broj individua na na postaji		150	87	80	39	25 6	24

Slično padanje broja vrsta s dubinom pokazuje i pelagial (tablica 41).

Tablica 41

Stupac vode od m — do m	0—183	183—915	915—1829	1829—2744	2744—3658	3658—4573	preko 4573
Broj vrsta	4 400	2 050	710	600	500	340	235

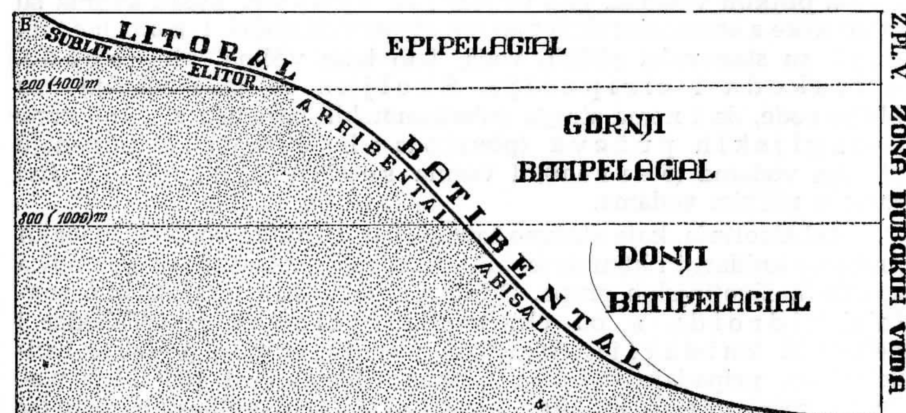
Padanje broja vrsta s dubinom u uzročnoj je vezi s pogoršanjem ekologijskih uvjeta sredine, u prvom redu s padom temperature, slabljenjem svijetla i smanjenjem biljne građe kao osnovnog preduvjeta ishrane životinja. Na taj način opadanje vrsta s dubinom u potpunom je skladu s osnovnim zakonom biocenotike, prema kojemu je biocenoza to siromašnija vrstama, što je biotop više specializovan i skrajan (Thienemann 1920).

S dubinom raste područje rasprostranjenosti vrsta i biocenoza. Fizički i kemijski uvjeti života pokazuju sa većim dubinama sve veću jednoličnost u horizontalnom pravcu. Zbog sve veće jednoličnosti ekologijskih uvjeta biljne i životinjske vrste pokazuju u dubinama sve veću rasprostranjenost. To isto vrijedi i za biocenoze , koje se u najgornjim slojevima vode, pod utjecajem vrlo promjenjivih uvjeta života, mozaički izmjenjuju, dok u većim dubinama pokazuju sve veću horizontalnu rasprostranjenost. S toga razloga morsko dno velikih dubina pokazuje prilično homogeno naselje na više manje golemim prostorima.

Jedno od najznačajnijih obilježja dubokomorske faune je opadanje broja vrsta u omjeru prema broju rodova. U najdubljim slojevima se prve odnose prema drugima približno kao 5 : 4, dok u plitkim vodama kao 3 : 1.

S dubinom se mijenja i u flori i u fauni sastav morskih naselja. U tom pogledu možemo razlikovati dvije glavne biologijske zone: zonu plitke i zonu duboke vode. Zona plitke vode obuhvaća koje bentoska bića, i to je litoral, a koje pelagijska, i to je epipelagial. Zona duboke vode obuhvaća bentoske životinje ili batibental i pelagijske ili batipelagijal.

Ni obje spomenute glavne zone nisu u čitavoj visini jednako izgrađene. I u njima susrećemo zonaran raspored elemenata flore i



Sl. 151. — Shema dubinske raščlanjenosti bentalne i pelagičke faune (crtano prema podacima u Ekmanu 1935).

faune, te možemo u svakoj razlikovati po nekoliko pojaseva ili stepenica, koji su obilježeni značajnim biljnim odnosno životinjskim oblicima. Njihov položaj i dubinsko dopiranje prikazani su na grafikonu (sl. 151).

Ima vrsta, rodova i većih sistematskih jedinica, koje ne pokazuju zonaran smještaj, nego su rasprostranjene u visokom stupcu vode preko obje glavne zone. To su euribatni oblici. Takvi su na pr. penatularija *Funiculina quadrangularis* (35 do 2070 m), polihet *Pomatoceros triqueter* (između 0 i 3.000 m), rak *Diastylis laevis* (između 9 i 3.000 m) i mnogi drugi oblici.

Zona plitkih voda seže do 200 ili 400 m dubine, a u hidrografijskom je pogledu obilježena naročito prilikama svijetla, koje je još povoljno za fotosintezu, i višim temperaturama. U biogeografijskom pogledu za nju je značajna vegetacija autotrofnih

biljaka i bogata fauna sa značajnim vrstama i višim sistematskim jedinicama. Od životinja su značajni naročito oni oblici, koji uzrokuju strujanje vode (mikrofagi) i žive na račun suspenzije.

Povoljne prilike svijetla i mogućnost fotosinteze imaju kao posljedicu bogatu suspenziju živih bića (planktona), u kojoj prevladavaju jednostanične biljke. Takva suspenzija je prijeko potrebna za hranu mnogih životinjskih grupa, od kojih su neke samo privremeno na nju upućene t. j. za vrijeme svog larvalnog života, kao mnogi puževi, crvi, ribe, i t. d., dok su druge od nje trajno zavisne, tako mnoge praživotinje, sve spužve, sesilni crvi, mnogi raci, školjke, briozoi i brahiopodi, sesilni plaštari i branhiostoma. Stoga su upravo ove grupe naročito ili gotovo isključivo naseljene u plitkim vodama i za njih značajne. Najveća većina praživotinja, kao tintinidi, žive u plitkim vodama. Isto vrijedi i za spužve, među kojima su samo neke s kremenim skeletom dubokomorski oblici. I polihetni crvi su stanovnici plitkih voda. Isto tako većina shizopoda, ostrakoda i ciripedija. Školjke su tako značajne za plitke vode, da i nema strogo dubokomorskih porodica. Od 182 vrste pelagijskih puževa (pteropoda i heteropoda) 178 pripadaju plitkim vodama (Farran). I većina sesilnih ascidija živi samo u plitkim vodama.

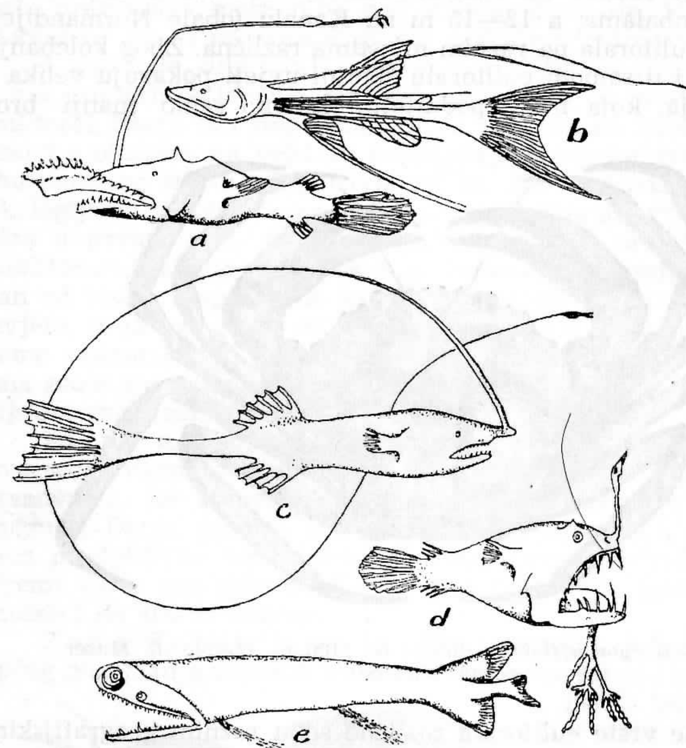
Od životinja, koje aktivno love plijen, za plitke vode su značajni pretežno knidariji i ktenofore, ali i velik broj vrsta, rodova i porodica iz ostalih životinjskih grupa. Od knidarija su za litoral osobito značajni hidroidi, a od oktokoralja alcionarije. Također i pelagijski knidariji, osim narkomeduza, koje su pretežno batipelagične, pripadaju većinom plitkim vodama. Od 106 sifonofora pripada epipelagialu 99, od 535 meroplanktonskih meduza (antomeduza, leptomeduza i skifomeduza) 515, od 80 ktenofora 77 (Farran). U plitkim vodama živi većina bentoskih crva, skoro svi pelagijski poliheti (tomopteridi), kao i najveća većina pelagijskih hetognata. I fauna rakova, ehinoderma i riba znatno je bogatija u plitkim nego u dubokim vodama.

Dok pelagijski dio plitkih voda, t. j. epipelagijal, ne pokazuje jasno nikakvu raščlanjenost, dotle se bentalni dio ili litoral raščlanjuje u četiri stepenice: supralitoral, eulitoral, sublitoral i elitoral (Gislén). Ta je dioba od manjeg biogeografijskog značenja, jer među raznim stepenicama nema tako jasnih biogeografijskih granica kao između obiju glavnih zona. Njihova dioba se temelji pretežno na podjeli hidrografijskih faktora kao i na podjeli litoralne flore.

Supralitoral obuhvaća živa bića, koja su ograničena na gornji uski pojas obale između visoke vode (plime) i kopna. Širina ovog pojasa to je veća, što je obala izloženija jačem udaranju vala (mlatanju).

Crvena alga *Porphyra leucosticta* na pr. čini na zaštićenim mjestima u Mediteranu pojas od malo centimetara širine, dok je on na jako izloženim mjestima 1.5 do 2 metara širok (Feldmann). Isto tako se vlada pojas litofitskih cijanoficeja na jadranskoj obali (Ercegović).

Stanovnici supralitorala ostaju trajno izvan kompaktnog stupca vode i upućeni su isključivo na vodu, koja do njih dolazi u nepra-

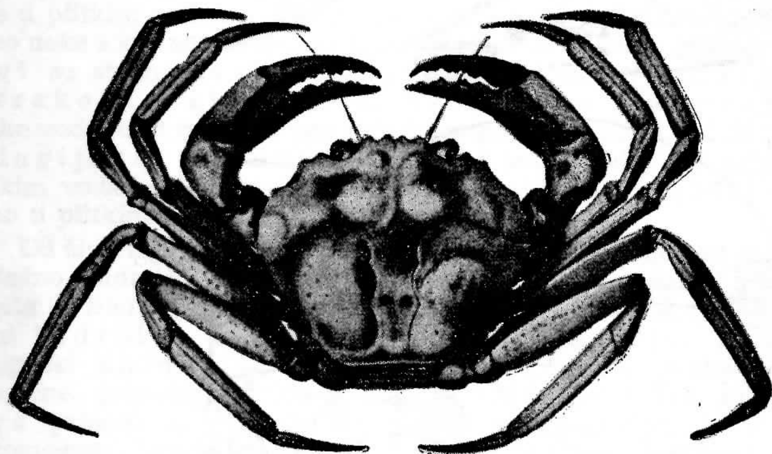


Sl. 152. — Dubokomorske *ribe: a, Lasiognathus saccostoma* (po Reganu), duga 7.5 cm, iz 2.000 m dubine; *b, Bathypterois longicauda* (po Guntheru), 7. 66 cm duga, iz 550 m dubine; *c, Gigantactis macronema* (po Reganu), duga 13.3 cm, iz 2500 m dubine; *d, Linophryne macrodon* (po Reganu), duga 5.3 cm, iz dub. od 1500 m; *e, Malacosteus indicus* (po Braueru), 8 cm duga, iz 900—2500 m dubine.

vilnim vremenskim razmacima preplavljivanjem ili prskanjem pod utjecajem vjetrova ili mlatanja mora. Životni uvjeti supralitorala obilježeni su relativnom oskudicom vode i skrajnostima faktora sredine, tako temperature, slanoće i t. d. Zbog toga ima samo vrlo malen broj biljaka i životinja, koje su se privikle na životne prilike

supralitorala, tako od alga naročito *Catenella opuntia* i brojne litofitske cijanoficeje, a od životinja račić *Ligia brandti,* neki balanidi i pužić *Littorina.*

E u l i t o r a l obuhvaća biljne i životinjske vrste, koje su upućene na pravilnu izmjenu emerzije i imerzije i stoga dolaze isključivo u području plime i osjeke. Budući da amplituda morskih doba pokazuje velike razlike na raznim točkama morskih obala, 40—70 cm na našim obalama, a 12—15 m na Kanalu (obale Normandije), to je i visina eulitorala na raznim mjestima različna. Zbog kolebanja vodene razine i u samom eulitoralu životni uvjeti pokazuju velika i nagla kolebanja, koja može podnijeti relativno samo manji broj



Sl. 153. — *Geryon affinis* iz dubine od 1400 m. (Guide ill. Musée océan. Monaco).

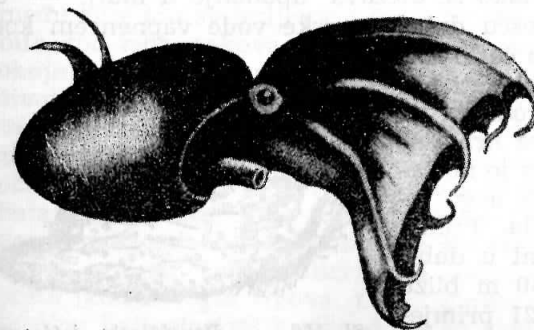
vrsta. Značajne vrste eulitorala različne su u raznim geografijskim regijama. Budući da su različne visine eulitorala izložene različnom stepenu kolebanja ekologijskih uvjeta, u gornjem dijelu kolebanje češće i jače, u donjem rjeđe i slabije, i stanovnici u toj stepenici pokazuju zonaran smještaj. Prilike ishrane u eulitoralu su povoljne, jer ovdje pritječe s kopna znatna množina detritusa pored anorganskih soli u minimumu. Eulitoral je najbolje razvijen u umjerenom pojasu, a zbog skrajnih uvjeta sredine slabo je razvijen u polarnim i tropskim predjelima (u posljednjim izuzetak čini mangrove).

S u b l i t o r a l obuhvaća pored životinja također k o m p a k t n a naselja viših alga, koje u svojim potrebama nisu upućene na emerziju, već ostaju trajno pod vodom. Gornja granica sublitorala leži

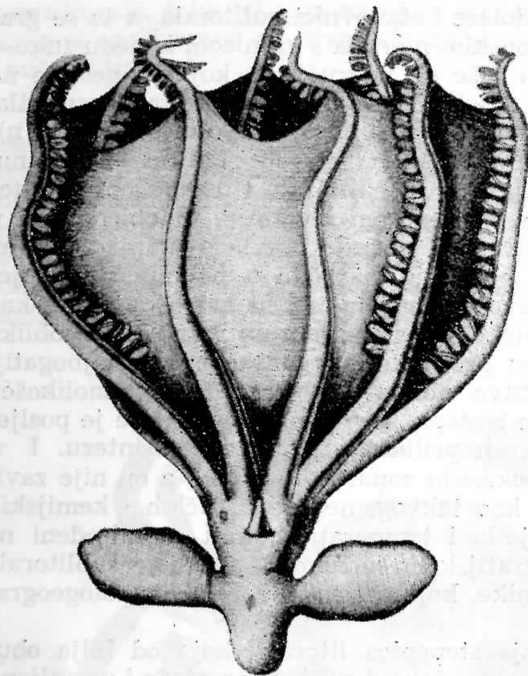
u području, u kojemu već dolaze i stanovnici eulitorala, a ta se granica podudara u sjeveroevropskim morima s granicom između fukusa i laminarija. Donja granica seže do područja, u kojemu nestaje na tvrdoj podlozi kompaktnih naselja viših alga zbog nestašice svijetla, a na njihovo mjesto dolaze kompaktnija naselja životinja (G i s l é n). Sublitoral se pruža od razine oseke pa do 30—120 m u dubinu, prema prilikama osvjetljenja. Ako u eulitoralu i u gornjem sublitoralu prevladava masa bilja nad masom životinja, to obično već u dubini od 5—10 m masa životinja počinje prevladavati nad biljem. I područje sublitorala pokazuje, naročito u površinskim slojevima, znatnija kolebanja životnih uvjeta, ali ni izdaleka tolika kao eulitoral. Stoga ova stepenica čini i s obzirom na raznoličnost oblika kao i s obzirom na veličinu prozvodnje organske građe najbogatiji dio morskog života. Bogatstvo oblika ide uporedo s raznolikošću ekologijskih uvjeta odnosno biotopa, a veličina proizvodnje je posljedica u prvom redu povoljnih prilika svijetla za fotosintezu. I u sublitoralu različne vrste pokazuju zonaran raspored, a on nije zavisan od visine stupca vode kao takvog, nego od fizičkih i kemijskih uvjeta, u prvom redu svijetla i temperature, koji su određeni ne samo visinom, nego i geografijskom širinom. I područje sublitorala ima svoje značajne stanovnike, koji su različni u raznim biogeografijskim regijama.

E l i t o r a l je najdonja stepenica litorala, koja od bilja obuhvaća uglavnom samo niže alge, dok od viših samo rjeđe i usamljene stanovnike, jer kompaktnija naselja zbog nestašice svijetla nisu moguća. Donja granica ove stepenice ide uporedo s donjom granicom produktivne zone odnosno s nestankom autotrofne mikroflore. Prema tome ona seže do 200 m, a u povoljnim prilikama svijetla možda i do 400 m dubine.

Z o n a d u b o k i h v o d a. Zbog nestašice jačeg osvjetljenja i općeg pogoršanja životnih uvjeta (niske temperature, oskudica hrane, manji iznosi kisika) ova je zona obilježena potpunim odsustvom autotrofnog bilja i znatnim padanjem broja životinjskih oblika. S druge strane ona ima značajnu dubokomorsku faunu, koja sadržava ne samo golem broj endemskih vrsta i rodova, nego također i porodica, pa i čitavih redova. Ova fauna po svom po-

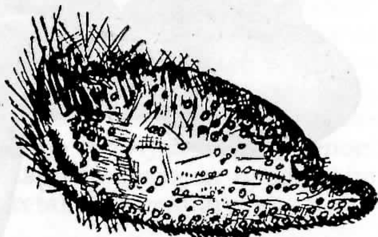


Sl. 154. *Vampyroteuthis infernalis,* oktopodni glavonožac iz dubine Atlantika (Po C h u n u).



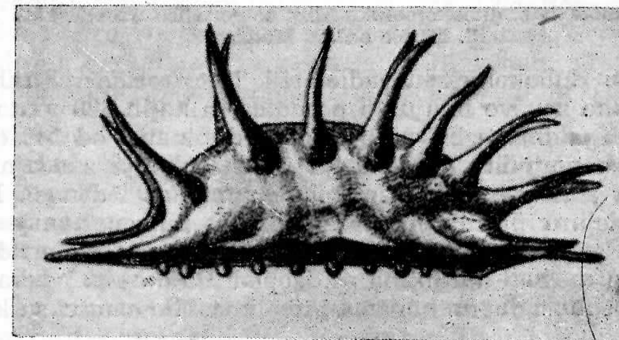
Sl. 155. — *Cirrothauma murray*, slijepi oktopod iz atlantskog pelagijala, oko ¼ nar. vel. (Po C h u n u).

rijeklu potječe iz litorala. U njoj ima relativno manji broj oblika, koji filtriraju i žive od suspenzije; tu veoma prevladavaju grabežljivci i potrošači detritusa morskog dna. Mnoge od dubokomorskih životinja odlikuju se morfologijskim osobinama, koje pokazuju očite odnose prema ekologijskim osobinama sredine, u prvom redu prema konzistenciji morskog dna, na kojemu žive, oskudici hrane, manjoj zasićenosti vode vapnencem i nedostatku svijetla. U odnosu prema muljevitoj naravi morskog dna neke dubokomorske životinje, kao spužve i hidroidi, imaju razne korenolike tvorbe, koje im služe za sidrenje i pričvršćivanje u mekanoj podlozi. Neki ježinci imaju vrlo duge bodlje *(Cidaridae)*, a neki raci (dekapod *Lithodes*), i pantopodi *(Colossendeis)* neobično duge noge, na koje se djelomično prenosi tjelesna težina i tako se otežava upadanje u mulj. — U odnosu s manjom zasićenošću dubokomorske vode vapnencem kod dubokomorskih životinja su često slabije razvijeni vapnenački skeleti nego kod njihovih bližih srodnika iz plitkoga mora. — Oskudica hrane u dubokim zonama posljedica je ne samo velike dubine (str. 264), nego također udaljenosti od obala. Prema M u r r a y u lovovi izvršeni u dubinama između 1800 i 3650 m blizu obala su dali prosječno 121 primjerak (39 vrsta) po potezu, dok oni izvršeni u jednakim dubinama 500 km



Sl. 156. — *Pourtalesia jeffreysi*, ježinac arktičkog abisala, nar vel. (Po W. T h o m s o n u).

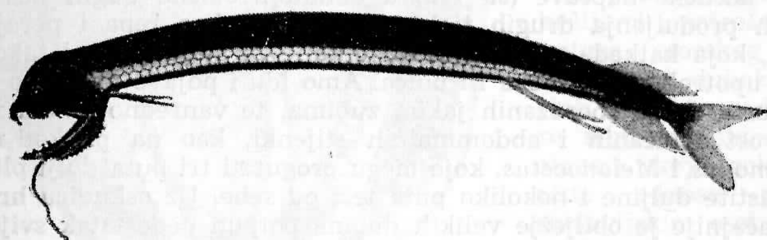
daleko od obala dali su samo 21 primjerak (10 vrsta) po potezu (S v e r d r u p et al.). Pomanjkanje hrane je bez dvojbe faktor, koji je najviše odgovoran za veliko siromaštvo života u dubinama. U vezi s oskudicom hrane (djelomično i s nedostatkom svijetla) možemo dovesti izvjesne prilagodbe nekih dubokomorskih životinja, tako razne taktičke naprave (sl. 152) u obliku neobično dugih ticala i velikih produljenja drugih tjelesnih dijelova, kao repa i perajnih radija, koja katkada nose na kraju organe za svijetljenje i tako se mogu upotrebiti kao meka ili udica. Amo idu i pojave neobično velikih usta, često oboružanih jakim zubima, te vanredno velika rastežljivost želučanih i abdominalnih stijenki, kao na pr. kod riba *Chiasmodus* i *Melanocetus*, koje mogu progutati tri puta dulji plijen od vlastite duljine i nekoliko puta teži od sebe. Uz oskudicu hrane najznačajnije je obilježje velikih dubina potpun nedostatak svijetla



Sl. 157. — *Deima validum*, pacifički dubokomorski trp iz grupe *Elasipoda*, ½ nar. vel. (Po T h e e l u).

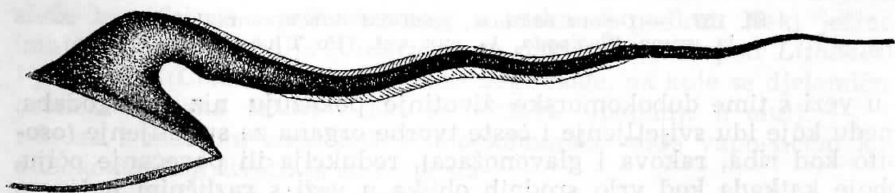
i u vezi s time dubokomorske životinje pokazuju niz prilagodaba, među koje idu svijetljenje i česte tvorbe organa za svijetljenje (osobito kod riba, rakova i glavonožaca), redukcija ili povećanje očiju, oboje katkada kod vrlo srodnih oblika u vezi s različnim načinom života (dekapod *Cynonomus*, koji leži tromo u mulju i nema planktonskih larvalnih stadija, nema očiju, dok srodni gerionidi, sl. 153, živo pokretni i s planktonskim larvalnim stadijima, imaju povećane oči) i jednobojnost s prevladavanjem tamnih, osobito crvenih i crnih boja (mnoge crne ribe, crni koralj A n t i p a t h e s). — Pored navedenih prilagodaba dubokomorske životinje pokazuju neka opća obilježja, a to su: čudni oblici tijela, kakvi su nepoznati kod litoralnih vrsta (kod mnogih trpova, riba i glavonožaca, sl. 154), vrlo malene (većina batipelagijskih riba duge su samo nekoliko centimetara) ili goleme dimenzije tijela (izopod *Bathynema giganteus* do 20 cm, dekapod *Kaempfferia* do 3 m, pantopod *Colossendeis* do 25 cm).

Među značajne oblike dubokih voda ubrajamo neke radiolarije, heksaktinelidne spužve, od oktokoralja gorgonarije i penatularije, od crva pelagijske nemertine, a od člankonožaca veći broj dekapodnih (sl. 153) i izopodnih rakova. Nadalje za duboke su vode osobito značajni glavonošci, ehinodermi i ribe.



Sl. 158. *Stomias boa*, dubokomorska riba iz porodice *Stomiatidae* (Guide ill. Musée océan. Monaco).

Tipski su dubokomorski radiolariji *Tuscaroridae*. Batibentoske heksaktinelidne spužve imaju 15 porodica sa kojih 380 vrsta (rodovi *Euplectella, Hyalonema* i drugi) i žive u dubinama od 180 do preko 5.000 m. Više porodica gorgonarija i penatularija značajne su za duboke vode (*Funiculinidae, Kophobelemnonidae* i druge). Dubokomorski raci dolaze pretežno u batibentosu, mnogo manje u batipelagijalu, i svojom tjelesnom građom dobro su prilagođeni dubokomorskom mekom mulju, na pr. izopod *Munnopsis* i dekapod *Nematocarcinus*, oba s dugim nogama i ticalima. Glavonošci su kao malo



Sl. 159. — *Macropharynx longicaudatus* (por. *Saccopharyngidae*) iz Atlantskog oceana. (Po Braueru).

koja grupa razvili veliki broj tipskih dubokomorskih oblika, manji dio u batibentosu (niži red *Cirromorpha*), a veći u batipelagijalu (dekapodni *Aegopsida*). Mnogi od tih oblika imaju svijetleće organe i teleskopske oči, a neki se ističu i ogromnim razmjerima (porodice *Architeuthidae* i *Bathyteuthidae*, sl. 155). — Ne manje od glavonožaca značajni su za duboke vode ehinodermi. Svi su živući krinoidi, osim komatulida, koji su pretežno i u odraslom stadiju neprirasli, dubokomorski. Oni čine katkada prave dubokomorske livade (*Pentacrinus, Rhizocrinus*). Još izrazitiji dubokomorski značaj imaju morske zvijezde, a među njima osobito neke porodice (*Porcellanasteridae, Brisingidae*). I ježinci (sl. 156) dolaze u batibentosu s većim brojem značajnih oblika, među kojima su neki velikih razmjera (do 0.3 m promjera), a neki s vrlo mekanom čahurom (sl. 75. str. 141). Nijedna grupa ne daje abisalnom bentosu tako značajno obilježje kao trpovi (sl. 157). Od pet njihovih razreda dva dolaze isključivo na dubokomorskom dnu, pretežno u abisalu. To je razred *Molpadonia* sa malo rodova i *Elasipoda* sa četiri batibentalne porodice i jednom batipelagičkom (planktonski rodovi *Planktothuria* i *Pelagothuria*, sl. 49 na str. 99). Ribe (više od 1000 vrsta) čine veliki dio dubokomorske faune, a s njima se u tom pogledu mogu mjeriti samo glavonošci. Manji dio njih pripada batibentosu, a veći batipelagijalu. Batibentoska porodica su *Macruridae* (oko 140 vrsta), a batipelagijske su: *Alepocephalidae* s većim brojem tamnih ili crnih vrsta, *Stomiatidae* s jako produljenim tijelom (*Stomias*, sl. 158, *Chauliodus* sl. 82), *Sternoptychidae* (*Argyropelecus* s teleskopskim očima), *Scopelidae*, često sa svijetlećim organima i sa zakržljalim ili sasvim slijepim očima, i mala porodica *Saccopharyngidae* s neobično velikim ustima (sl. 159).

Batibentalna fauna dijeli se u dvije stepenice: arhibental i abisal (sl. 151). Analogno se i batipelagijal dijeli u gornji i donji (ili abisalni). Gornja granica arhibentala i gornjeg batipelagijala nalazi se u visini, gdje prestaje autotrofna mikroflora, dakle između 200 i 400 m, dok se njihova donja granica nalazi nekako oko 800 do 1.000 m dubine. Područje abisala te donjeg batipelagijala obuhvaća cijeli stupac vode od 800—1.000 m dubine do morskoga dna. U zoogeografijskom pogledu obje stepenice imaju svoje endemske vrste i rodove, koji su od česti različiti u raznim geografijskim regijama i pokazuju golema područja rasprostranjenosti.

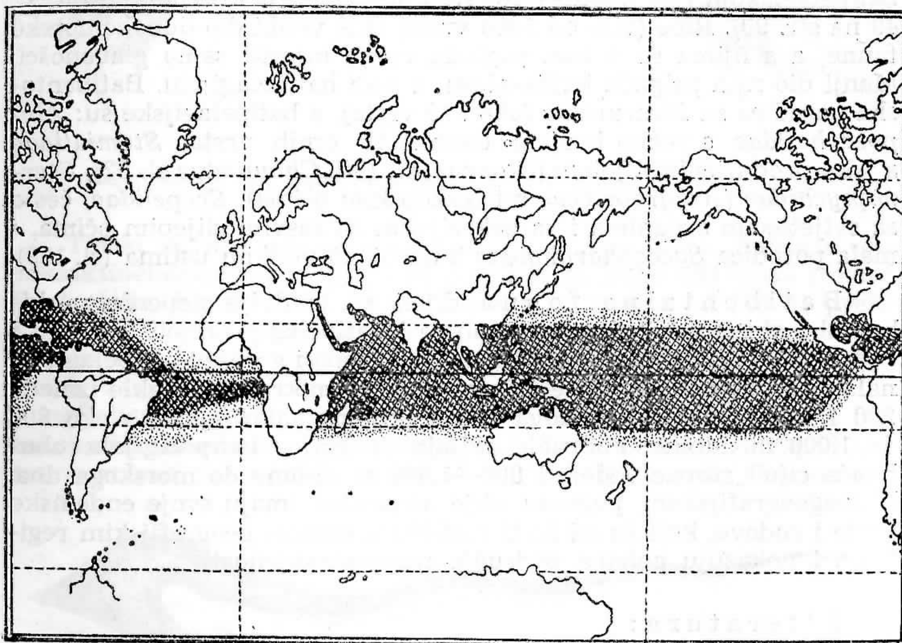
Literatura:

ALLEN E. J. (1928), Science of the Sea. Oxford. — CHUN C. (1887), Die pelagische Tierwelt in grösseren Meerstiefen und ihre Beziehung zu der Oberflächenfauna. Bibl. Zool. I. — MEISENHEIMER J. (1931), Tiefseefauna, in: Handwörterbuch der Naturwissenschaften, IX.

HORIZONTALNA RASPODJELA

Raznolikost životnih uvjeta i pojava biogeografijskih regija. Životni uvjeti se mijenjaju od jednog položaja do drugog, i to u prvom redu pod utjecajem geografijske širine. Temperatura morske vode redovno pada prema polovima, a temperaturne razlike tako su znatne, da se upotrebljavaju

za označivanje raznih tipova vode: žarke vode > 25°C, tople 25°—20°C, umjereno tople 20°—15°C, hladne 15°—10°C, studene < 10°C. I jakost svijetla, zavisna u prvome redu o inklinaciji sunca, znatno pada prema polovima. Napokon i slanoća je manja u višim širinama, i to zbog pritjecanja slatkih voda, koje potječu od polarnog leda. Na promjenljivost životnih uvjeta od jednog položaja do drugog utječu i struje. To dokazuje gdjegdje nepravilan tečaj izoterma (str. 47



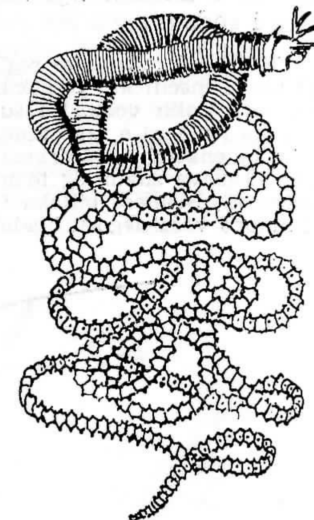
Sl. 160. — Pojas koraljnih grebena u jačoj i slabijoj tvorbi (Prema Joubin-u i Pax-u).

sl. 14). Konačno na razlike životnih uvjeta utječe i topografijski faktor. On je na pr. uzrok, da se hidrografijski odnosi Mediterana u znatnoj mjeri razlikuju od odnosa u Atlantiku ili Pacifiku na istim geografijskim širinama i da južni dijelovi oceana imaju temperature niže od sjevernih dijelova na odnosnim širinama.

Raznolikost životnih uvjeta u horizontalnom pravcu, uz sudjelovanje historijskog i topografijskog faktora, utječe na tvorbu raznih biogeografijskih regija. Pojava različitih regija najizrazitija je u gornjoj visinskoj zoni, t. i. u litoralu i epipelagijalu.

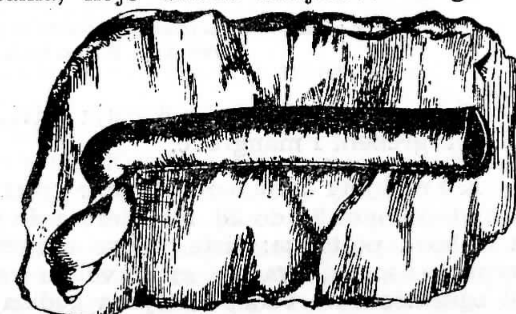
Regije litorala

Litoralne biljke i životinje tijesno su povezane uz podlogu, koja pokazuje znatnih razlika u ekologijskim uvjetima katkada na relativno malenim razmacima. Osim toga litoralni oblici nailaze u svom rasprostiranju na nepremostive topografijske brane. Oba ova uzroka vode do tvorbe većeg broja biogeografijskih regija, koje se prostiru od česti u tropskim, donekle u umjerenim, a od česti u arktičkim ili antarktičkim vodama. Od većeg su broja regija za nas neposrednije zanimljive: cirkumtropska, mediteransko-atlantska, pontsko-sarmatska, evropsko-borealna i arktička regija.



Sl. 161. — *Eunice viridis*. Prednji deblji kraj ostaje u koraljnom grebenu, a stražnji tanji se uoči prvog dana posljednje mjesečeve četvrti u oktobru i novembru otkida i pliva nakolo kao *Palolo* (Po Woodworthu iz Hesse-a).

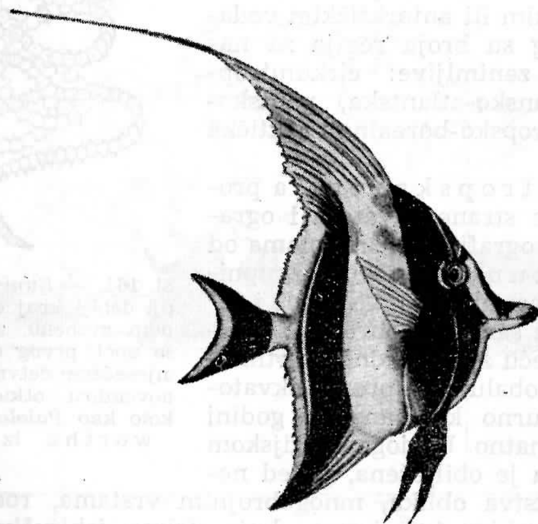
Cirkumtropska regija prostire se s obje strane ekvatora i ograničena je, hidrografijski, izotermama od 20°C (Ortmann), koje teku u krupnijim crtama, uporedo s 30° sjeverne i 27° južne širine, a samo u području zapadne Afrike skreću zbog hladnih vertikalnih struja uz obalu više prema ekvatoru. Temperaturno kolebanje u godini sasvim je neznatno. U biogeografijskom pogledu regija je obilježena, pored neobičnog bogatstva oblika, mnogobrojnim vrstama, rodovima, pa i višim sistematskim jedinicama, koje dolaze isključivo ili gotovo isključivo u ovoj regiji. Mnoge od tih jedinica su cirkumtropske, t. j. dolaze u svim tropskim dijelovima svih oceana, zbog čega čitav svijet tropa promatramo u osnovi kao homogenu i jedinstvenu cjelinu. Među cirkumtropske elemente ubrajamo biljne rodove *Cymodocea, Acetabularia, Valonia, Udotea, Anadyomene, Zonaria, Sargassum, Liagora, Am-*



Sl. 162. Puž *Magilus antiquus* u koraljnom vapnencu. Do punktirane crte je kućica ispunjena vapnencem. (Po Hesse-u).

phiroa i druge, a od životinja trpa *Holothuria atra,* dekapodne rakove *Planes minutus* i *Grapsus grapsus,* ribe *Mugil cephalus, Zygaena malleus* i *Diodon hystrix,* sve morske kornjače i bezbroj drugih vrsta i rodova.

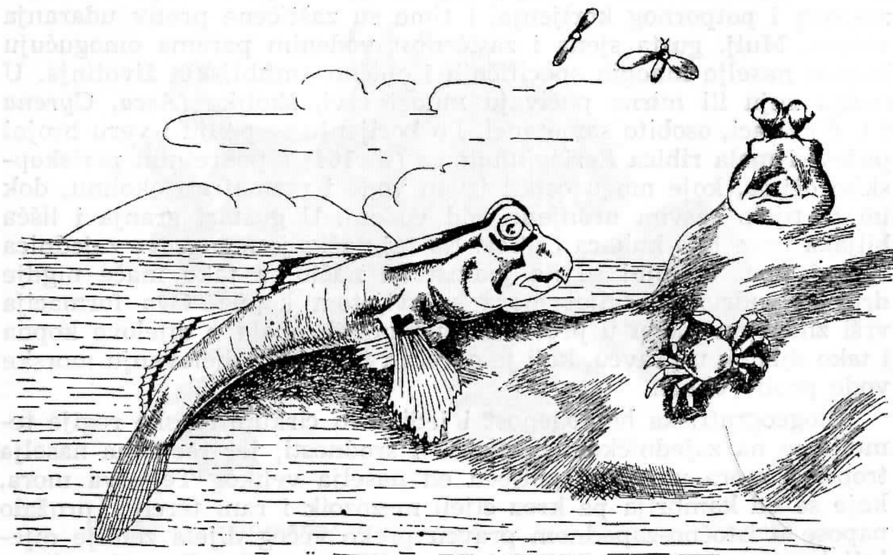
Vode cirkumtropske regije pokazuju u biologijskom pogledu, pored velikog broja specifičkih tropskih oblika, još neke osobine, kojima se jako razlikuju od ostalih voda. Te su osobine: brže odvijanje života i češće pojave mutacija i u vezi s time mnogo veće obilje vrsta. Među njima se ističe veliki broj vapnenačkih organizama i veliko taloženje vapnenaca (koraljni grebeni). Zbog odsustva znatnijeg temperaturnog kolebanja nema izrazite godišnje periodičnosti. Biomasa biljaka i životinja je manja, a konkurencija među vrstama mnogo veća nego u hladnim vodama.



Sl. 163. — *Zancleus canescens* s Havajskih otoka (Prema D. S. Jordanu).

Cirkumtropski značaj pokazuju i dvije strogo tropske biocenoze: koraljni grebeni i mangrove.

Koraljni grebeni dolaze u normalno slanim i plitkim vodama (optimum 20 do 30, maksimum do 60 m dubine) tropa. Uvjeti su njihova postanka: čista, dobro osvijetljena i prozirna voda bez znatnije suspenzije mulja, zatim velika i stalna toplina. Zbog toga su oni ograničeni na vode, u kojima godišnja temperaturna kolebanja nisu veća od 6°C, optimalne temperature iznose oko 23.5°C, a srednje godišnje ne padaju ispod 20.5°C. Stoga oni dolaze uglavnom samo u području između 30° sjeverne i 27° južne širine (sl. 160), no gdje je taj pojas mnogo uži, tako osobito uz zapadne obale Afrike i Amerike. Najbolje su razvijeni u području Polinezijskog otočja, gdje čine čitave arhipelage. Ovo je najbogatija biocenoza mora, a u njezinoj izgradnji sudjeluju životinje i biljke. Od životinja dolaze na prvom mjestu koralji iz sekcije madreporarija *(Porites, Madrepora, Meandrina, Fungia* i druge), a od alcionarija porodica biporida *(Tubipora),* zatim hidroidi iz porodice mileporida *(Millepora alcicornis),* a u manjoj mjeri briozoi, crvi cjevaši i druge. Vrlo mnogo sudjeluju, a gdjegdje više od samih koralja, neke vapnenačke alge, osobito iz rodova *Nullipora, Lithothamnion* i *Halimeda.* Broj vrsta, koje izgrađuju koraljne grebene, to je veći, što su vode toplije. Tako u Crvenom



Sl. 164. — *Periophthalmus koelreuteri* (Po S. J. Hicksonu).

moru sudjeluje u izgradnji koralja oko 130, a u hladnijim vodama zapadne Afrike samo oko 60 vrsta. Koraljne stijene imaju spužvastu strukturu s bogatim sistemom cijevi i šupljina, koje pružaju idealan prostor za stanovanje i sklanjanje, bušenje, razaranje i pašu mnogobrojnim vrstama iz raznih životinjskih grupa, značajnih za ovu biocenozu. Tu živi neobično bogata fauna raskošnih boja, »u kojoj se svaka životinja pretvorila u cvijet« (Haeckel). Među drugima ističu se velike moruzge *Discosoma* i *Actinodendron,* veliki ježinci s dugim bodljama, živo obojene morske zvijezde, crv *Eunice viridis* i neki drugi poliheti poznati pod zajedničkim imenom palolo (sl.

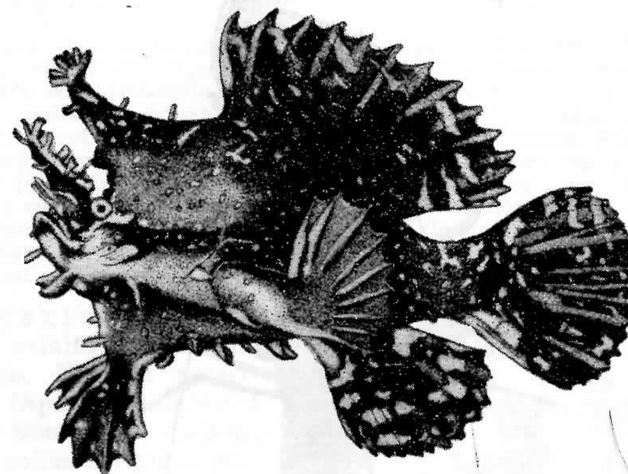
161), brojni puževi, kao zanimljivi *Magilus* s djelomično uvijenom, a dijelom ravnom kućicom (sl. 162), mnogi bušači vapnenačkih tvorba, kao *Lithophaga* i *Lithodomus,* i neke druge školjke, kao *Tridacna gigas* s ogromnim ljušturama (do 250 kg težine) i *Margaritana margaritifera,* koja tvori biser. Tu žive i neki značajni raci, kao na pr. *Trapezia* s neobično jakim škarama, i ribe, koje se ističu šarenim bojama (porodice *Scaridae* i *Labridae)* ili naročitim oblikom tijela, kao rodovi *Zancleus* (sl. 163), *Ostracion, Balistes, Diodon* i drugi.

M a n g r o v e je tropska biocenoza obalnog mulja, koja dolazi napose u blizini riječnih ušća na zaklonjenim mjestima. Najznačajniji su stanovnici ovog naselja neke biljke cvjetnice kao *Rhizophora, Avicennia, Sonneratia* i druge, koje se učvršćuju u mulju sistemom zračnog i potpornog korijenja, i time su zaštićene protiv udaranja valova. Mulj, gusta sjena i zasićenost vodenim parama omogućuju bogato naselje mnogih specifičnih i obično amfibijskih životinja. U mulju ruju ili mirno počivaju mnogi crvi, školjke (*Arca, Cyrena* i t. d.) i raci, osobito samotanci. Po korijenju se penju i veru brojni puževi i mala ribica *Periophthalmus* (sl. 164) s pokretnim periskopskim očima, koje mogu ostati izvan vode i razmatrati okolinu, dok im je tijelo sasvim uronjeno pod vodom. U guštari granja i lišća biljaka vrve jata kukaca i ptica. Na taj način je mangrove zajednica organizama, u kojoj se na jedinstven način, a tako inače nigdje drugdje, udružuje svijet mora sa svijetom kopna. Ova formacija vrši značajnu ulogu u pretvaranju morskih obala u dijelove kopna i tako djeluje u pravcu, koji je oprečan razornom djelovanju morske vode protiv obale.

Biogeografijska homogenost i jedinstvo cirkumtropske regije temelje se na zajedničkom porijeklu i srodnosti, jer recentna naselja tropskih mora u osnovi potječu od naselja velikog Tetisova mora, koje se od kambrija pa kroz cijeli mezozoik i rani tercijar pružalo napose u istočno-zapadnom pravcu preko većeg dijela zemlje dijeleći kontinente u sjevernu i južnu grupu i spajajući među sobom vode sadašnjeg Indika, Pacifika, Atlantika i Mediterana (E k m a n).

Tropska fauna Tetisova mora bila je još u ranom tercijaru (eocenu i oligocenu) u području sadašnjeg Mediterana bujno razvita, o čemu svjedoče brojni fosilni oblici grebenotvornih koralja, koji su nađeni u mediteranskom području iz tog vremena. Ali već od druge polovice tercijara zbog nestajanja jedinstvenog Tetisa i pogoršanja klimatskih odnosa prilike su se iz osnova promijenile. Nestalo je brojnih tropskih oblika, a među njima i cijelih porodica, kako to svjedoči povijest numulita i rudista, i na ogromnom području bivšeg jedinstvenog Tetisa počeo se razvijati biljni i životinjski svijet pod djelomično različitim uvjetima. Tako je došlo do pojave novih oblika, koji obilježavaju neke u ž e r e g i j e tropskih voda. Te su recentne regije tropskog litorala: indozapadno-pacifička, tropska američka i tropska zapadnoafrička. Prva obuhvaća Indik, zapadne i centralne dijelove Pacifika između 35° i 40° sjeverne, 30° i 35° južne širine. Tropska američka obuhvaća tropske vode na obje strane Amerike: na atlantskoj i pacifičkoj. Regija tropske zapadne Afrike obuhvaća područje između 15° sjeverne i 15° južne širine uzduž zapadnih obala Afrike. Sve te tri uže i recentne regije obilježene su na prvom mjestu značajnim vrstama i rodovima i odlikuju se bogatstvom oblika, a na prvom mjestu indozapadnopacifička regija, koja ima veći broj endemskih vrsta (među drugima do 40 cm veliki i amfibijski rak samotanac *Birgus latro,* četveroškržni glavonožac *Nautilus pompilius* i s paleozojskim trilobitima srodni *Limulus moluccanus).* Tropska zapadnoafrička je znatno siromašnija, i to zbog nižih temperatura, koje su uzrokovane vertikalnim strujama uzduž zapadnih obala Afrike.

U sastavu cirkumtropske regije možemo navesti i faunu S a r g a s k o g m o r a, koje se prostire nekako između 20 i 40° s. š. i 30 i 60° z. d. i obuhvaća mirno (halostatsko) područje unutar sjeveroatlantskog kružnog sistema struja. Ove se vode odlikuju visokom temperaturom, neobično velikom slanoćom, izrazitim slojanjem i



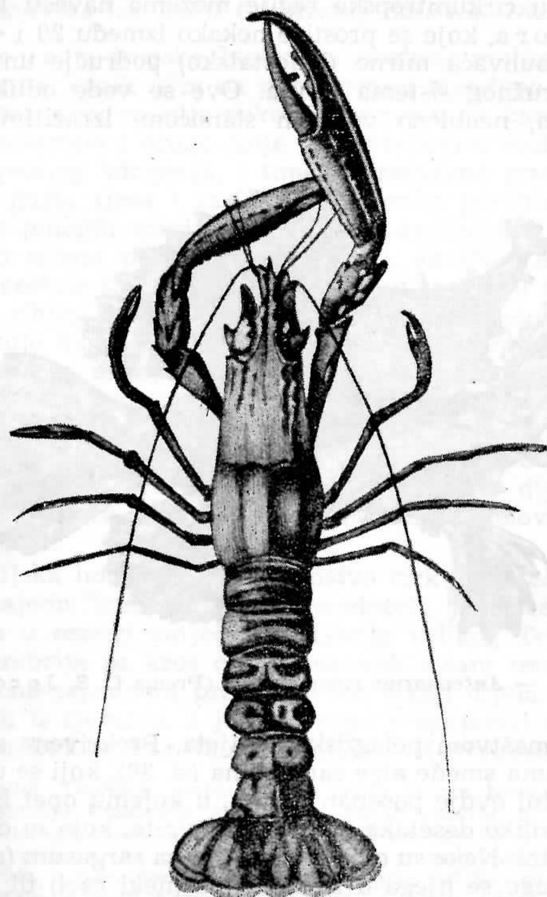
Sl. 165. — *Antennarius marmoratus.* (Prema D. S. J o r d a n u.)

rijetkim siromaštvom pelagijskog svijeta. Prekrivene su manjim ili velikim masama smeđe alge sargasuma (sl. 38), koji se umnožava vegetativno i čini ovdje poseban biotop, u kojemu opet živi specifična fauna od nekoliko desetaka životinjskih vrsta, koje su dobro prilagođene toj sredini. Neke su od njih prirasle na sargasum (neki ciripediji i briozoi), druge se njega drže udovima (neki raci) ili slobodno plivaju u guštari alga (neke ribe kao *Antennarius,* koja je svojim oblikom i bojom dobro prilagođena okolnim algama, sl. 165). Iako je ovo naselje okruženo pelagijskim svijetom, ipak u ekologijskom pogledu nesumnjivo pripada litoralu, od kojega očito i potječe.

M e d i t e r a n s k o a t l a n t s k a r e g i j a obuhvaća Mediteran, te istočne dijelove Atlantika uz obale Mauretanije i Maroka te

Portugala i Francuske zajedno s otocima ispred ovih zemalja (Kapverdski, Kanarski i Azorski otoci) i seže sve do južnih obala Britanije i Irske. Na jugu je ograničena prema tropskoj regiji izotermom od 20^0 C., a na sjeveru prema borealnoj izotermom od 10^0 C.

U termičkom pogledu ovo je područje nehomogeno. U južnim i jugoistočnim dijelovima Mediterana srednje godišnje temperature



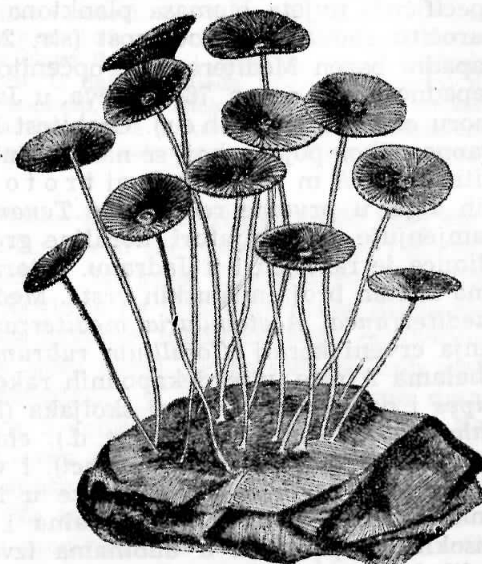
Sl. 166. — *Nephrops norvegicus*, škamp, (po B r e h m u).

iznose na površini 20—21^0 C, dakle približno jednako kao u vodama tropskog Atlantika. Nasuprot tome u sjevernim dijelovima Mediterana srednje godišnje temperature općenito su za 5—6^0 C niže, a pored toga i godišnja kolebanja znatno veća. Vode istočnog Atlantika, od Mauretanskih obala do Kanala, pokazuju dvije anomalije: južnija su područja tih voda zbog vertikalnih struja abnormalno hladna, dok su sjeverna zbog površinske zatonske abnormalno topla. Ove su anomalije uzrok, da se u tom području gubi oštra granica flore i faune između tropske zapadnoafričke i umjerene mediteransko-atlantske regije.

Iako atlantski dio ove regije sadržava biljnih i životinjskih vrsta, koje ne dolaze u Mediteranu, a tako i ovaj posljednji ima oblike, koji ne žive u atlantskom dijelu, ipak ima veliki broj vrsta, koje su značajne za oba područja i tako su uvjet njihovu biogeografijskom jedinstvu. Od tih oblika neki su tropskog, drugi sjevernog (borealnog), no najveći dio njih nastao je na tom istom području i ima se smatrati endemskim.

Činjenica, da mediteransko-atlantska regija sadržava tropskih, sjevernih i endemskih elemenata, objašnjuje se prošlošću i porijeklom. Njezin sadašnji svijet potječe od starotercijarnog i srednjetercijarnog svijeta Tetisova mora, kojega je s dolaskom drugih uvjeta nestalo, ali ne bez traga, jer su mnogi njegovi oblici preživjeli. S druge strane s općim pogoršanjem klimatskih prilika u drugoj polovici tercijara uselili su se u područje ove regije brojni oblici sjevernijeg porijekla. Manji dio preživjelih oblika Tetisa i doseljenih sjevernijih oblika ostadoše u kasnijim vremenima nepromijenjeni, i to su sadašnji tropski odnosno borealni elementi regije. Veći dio prvotnih tropskih i sjevernih elemenata s vremenom su se izmijenili, i oni čine sadašnju endemsku floru i faunu ove regije (E k m a n).

T r o p s k i su e l e m e n t i, među ostalim, alge *Halimeda tuna*, *Hypnea musciformis* i *Digenea simplex*, i životinje *Exocoetus volitans*, *Scomber colias* i *Xiphias gladius*. S j e v e r n o g porijekla su biljke *Taonia atomaria*, *Stilophora rhizodes*, *Bonmaisonia asparagoides* i druge, a među životinjama mnogobrojne ribe, kao *Clupea sprattus*, *Gadus merlangus*, *Pleuronectes flesus*, *Trigla gunardus*, *Scomber scomber*. Ovi i neki drugi oblici nisu strogo borealni, jer su općenito rasprostranjeni i u borealnoj i u mediteranskoatlantskoj regiji i mogu se smatrati m e d i t e r a n s k o b o r e a l n i m elementom.



Sl. 167. — *Acetabularia mediterranea* (O l t m a n n s).

Pravi su borealni oblici, koji se javljaju i u Mediteranu, na pr. neke ribe, tako *Gadus virens, Molva molva, Pleuronectes platessa*, a od rakova *Meganyctiphanes norvegica* i *Nephrops norvegicus* (sl. 166). Endemski elementi regije vrlo su brojni i dolaze u raznim biljnim i životinjskim grupama. Među tipske oblike ubrajamo alge *Acetabularia mediterranea* (sl. 167), *Udotea desfontaini, Codium bursa, Rissoëlla verruculosa* (nepoznata iz Jadrana), *Cystoseira mediterranea* (ova je vikarirajući oblik atlantske *C. ericoides*), a od životinja *Corallium rubrum, Pennatula rubra*, veći broj dekapodnih rakova (oko tridesetak), kao *Pisa nodipes, Maia verrucosa, Maia squinado, Palinurus vulgaris, Ilia nucleus, Lambrus mediterraneus, Lissa chiragra, Dromia vulgaris, Calappa granulata*; od školjaka *Pecten jacobaeus, Lithodomus lithophagus, Pinna nobilis, Mytilus galloprovincialis* i druge, a od ehinoderma *Antedon mediterranea, Astropecten aurantiacus, Echinus melo* i *Cucumaria planci*. Od endemskih riba najvažnije su srdjela *(Clupea pilchardus)*, brgljun *(Engraulis encrasicholus)* i od girica (*Maena*, sin. *Spicara* ili *Smaris*).

Veliko područje mediteransko-atlantske regije obuhvaća Mediteran (Sredozemno more), koji je gibraltarskim pragom odvojen od Atlantika, i to je glavni razlog, zbog kojega su u njemu hidrografijski uvjeti znatno drukčiji u cijelom stupcu vode, nego u istim dubinama Atlantika (znatno veća slanoća, visoke temperature sve do dna, mali iznosi hranjivih soli, u prvome redu fosfata). Zbog tih specifičnih uvjeta biomasa planktona je relativno malena i kazuje naročitu godišnju periodičnost (str. 283). S obzirom na broj vrsta zapadni bazen Mediterana je općenito bogatiji od istočnog. Tako u zapadnom ima na pr. 780 puževa, u Jadranu oko 530, a u Egejskom moru oko 450 (Fischer). Osobitost Mediterana je pojava bijeloga vapnenačkog pojasa, koji se nalazi između niske i visoke vode i može biti preko ½ m u širinu. Ovaj trotoar je tvorba nekih vapnenačkih alga, u prvome redu vrste *Tenarea (Lithophyllum) tortuosa*, i zamjenjuje u minijaturi koraljne grebene tropskih voda, a mjestimice je razvijen i u Jadranu. Litoralna flora i fauna Mediterana ima znatan broj endemskih vrsta. Među njih idu od alga *Cystoseira mediterranea, Acetabularia mediterranea* i neke druge, a od životinja crveni koralj (*Corallium rubrum*) s maksimumom gustoće na obalama Afrike, više dekapodnih rakova *(Maia verrucosa, Pisa nodipes* i drugi), znatan broj školjaka (*Pecten jacobaeus, Lithodomus lithophagus, Pinna nobilis* i t. d.), ehinoderma (kao na pr. *Antedon mediterranea* i *Cucumaria planci*), i veći broj riba (prema V. Carusu od 530 vrsta, koje dolaze u Mediteranu, ima ih oko 30% endemskih). Hladnovodna abisalna i batipelagijska fauna je zbog visokih temperatura u dubinama izvanredno siromašna. Međutim velik broj površinskih vrsta zimi se spušta u znatnije dubine (do 1000 m).

Pontsko-sarmatska regija obuhvaća područje Crnog (Pontskog), Azovskog i Kaspijskog mora. U hidrografijskom pogledu značajna je u gornjim slojevima više ili manje bočatna voda, a u donjim prisustvo znatnih množina otrovnog sumporovodika (H_2S).

U Crnom moru, u koje utječu rijeke Dunav, Dnjepar i Dnjestar, slanoća na površini iznosi oko 18‰, a u dubini (najveća dubina iznosi 2.104 m.) do 21‰. U Kaspijskom moru je oslađenje na površini još veće, osobito u sjevernim dijelovima, i to pod utjecajem rijeka Volge i Urala.

Zbog nedovoljne cirkulacije vode i slabog obnavljanja kisika donji slojevi zadržavaju znatne iznose sumporovodika, a on nastaje na dnu djelovanjem bakterija, koje reduciraju sulfate. Zbog prisustva tog plina u Crnom moru već u dubini od 125—170 m, a u Kaspijskom u dubini od 400—550 m. (Knipovič, Nikitin) počinje t. zv. azoička zona, u kojoj nema ni biljaka ni životinja (sl. 91). Regija ima zaseban biogeografijski značaj, koji se objašnjuje njezinim porijeklom.

Staro tercijarno Tetisovo more obuhvaćalo je t. zv. dunavsko-pontski bazen i prostiralo se od Švicarske i južne Njemačke prema istoku sve do sadašnjeg Uralskog jezera. Od druge polovine tercijara ovo veliko more je u zapadnom dijelu postajalo pliće i sužavalo se prelazeći u kopno, dok su istočni dijelovi dobivali sve više karakter slatkih voda, i zato je iz njih nestalo tipskih stenohalinih oblika: koralja, ehinoderma, glavonožaca, a na njihovo mjesto došli su bočatni oblici, osobito školjke i puževi. Već u miocenu ove su se vode odvojile od Mediterana tvoreći Sarmatsko more, koje je prekrivalo sadašnju panonsku ravnicu, velike dijelove Balkana i južne Rusije, te područja sadašnjeg Crnog i Kaspijskog mora. U daljem slijedu vremena zapadni dijelovi Sarmatskog mora postadoše kopnom, a na istoku se Crno more odijelilo od Kaspijskog. U početku kvartera Crno more se ponovo spojilo s Mediteranom i time izgubilo značaj bočatnog mora, kakvo je ostalo Kaspijsko sve do danas.

Zajedničko je obilježje pontsko-kaspijske regije veliki broj eurihalinih i posebnih bočatnih oblika. No u tom pogledu Crno i Kaspijsko more pokazuju znatnih razlika. Spajanje Crnog mora s Mediteranom od početka kvartera utjecalo je na uništenje većeg dijela starog sarmatskog svijeta i na useljavanje mediteranskih eurihalinih oblika. Zbog toga fauna ovoga mora nema strogo stenohalinih vrsta (gorgonarija, ehinoderma, glavonožaca i t. d.), ima relativno manji broj bočatnih i endemskih vrsta, a velik broj eurihalinih oblika. Naprotiv tome fauna Kaspijskog mora sadržava velik broj izrazito bočatnih endemskih vrsta, i to napose iz grupa hidroida, poliheta, školjaka, puževa, rakova i riba. Na taj način Crno more stoji u biogeografijskom pogledu između mediteranske i strogo sarmatske faune Kaspijskog mora, a ova posljednja pokazuje odvojenost i samostalnost kao malo koja druga regija.

E v r o p s k a b o r e a l n a r e g i j a obuhvaća područje od Kanala i južnih obala Sjevernog mora pa na sjeveroistok do Nordkapa, a na zapad sve do istočnih i južnih obala Islanda. U termičkom pogledu regija je obilježena, prema H j o r t u, izotermom od 10°C na jugu i izotermom od 5°C na sjeveru. Godišnje temperaturno kolebanje u površinskoj vodi tu je veće nego u ijednoj drugoj regiji istočnog Atlantika i iznosi 10—12°. No tako veliko kolebanje dolazi samo u gornjem litoralu, jer već u dubini od 100 m redovno nije veće od 3°C. Kod toga se biogeografijski odnosi gornjeg litorala znatno razlikuju od tih odnosa u donjem. Široki opseg temperaturnog kolebanja omogućuje u gornjem litoralu razvitak triju različnih biogeografijskih elemenata: mediteransko-borealnog, arktičko-borealnog i endemskog borealnog. M e d i t e r a n s k o - b o r e a l n i e l e m e n a t čine biljke i životinje, koje dolaze i u ovoj i u mediteransko-atlantskoj regiji: u ovoj se umnožavaju preko ljeta, a u mediteranskoj zimi (R u n n s t r ö m 1927, 1929). Vrlo brojno je ovdje zastupan ovaj južniji elemenat i to ne samo pojedine vrste, nego i cijele veće grupe. Tako najveća većina brahiurnih rakova i gotovo sve ribe labride, koje dolaze u Mediteranu, žive i u ovoj regiji. Izlučimo li endemske i arktičko-borealne vrste, 96% od svih ostalih dekapoda, 93% od moluska, a 94% od riba, koje dolaze u ovoj regiji, dolaze također i u Mediteranu (E k m a n 1935).

A r k t i č k o - b o r e a l n i e l e m e n a t obuhvaća sjevernije vrste, koje su rasprostranjene i u arktičkoj regiji. U ovoj se regiji umnožavaju obično za hladnijeg, a u arktičkoj za toplijega godišnjeg doba. Ovaj elemenat nije tako brojno zastupan kao prethodni. Amo idu, na pr. dekapod *Hyas araneus*, školjka *Buccinum undatum*, trp *Cucumaria frondosa* i riba *Liparis liparis*.

E n d e m s k i j e b o r e a l n i e l e m e n a t, dakako, najznačajniji i odvaja regiju kako od južnije mediteransko-atlantske, tako od sjevernije arktičke. Optimum je ekologijskih uvjeta endemskih vrsta i stoga centar njihove rasprostranjenosti na zapadnoj obali Norveške, a odanle se oni šire prema jugu i jugozapadu sve do zapadne obale Irske i do obala sjeverne Francuske, neki sve do Biskajskog zaliva. Prema istoku prodiru u Baltičko more, a prema sjeveroistoku šire se uzduž cijele sjeverozapadne obale Norveške sve do Nordkapa. Na zapadu naseljavaju istočne i južne obale Islanda.

Od endemskih oblika navodimo alge: *Ectocarpus tomentosus, Cladostephus spongiosus, Laminaria saccharina, L. hyperborea, Alaria esculenta, Fucus platycarpus, Pelvetia canaliculata, Himanthalia lorea, Gigartina mamillosa, Delesseria sanguinea* i t. d. Od bogate endemske faune među značajnije vrste idu oktokoralji *Alcyonium digitatum* i *Stenogorgia rosea*, dekapodni rak *Crangon allmani*, školjka *Mya arenaria*, trp *Cucumaria lactea*, mnogobrojne i ekonomski važne ribe kao *Gadus morrhua* (= *G. callarias*, bakalar), *G. aeglefinus, G. virens, Molva molva, Clupea harengus, Cl. sprattus, Cottus bubalis, Zoarces viviparus, Ammodites lanceolatus, Pleuronectes microcephalus* i *P. limanda*. Neke od ovih riba vrše daleka putovanja, tako naročito vrste bakalara (*Gadus morrhua, G. aeglefinus, G. virens*) i haringa (*Cl. harengus*).

A r k t i č k a r e g i j a obuhvaća područje sjeverno od crte, koja teče od južnog rta Grenlanda do Nordkapa u Norveškoj i na istok od Nordkapa. Na zapadu (obale Grenlanda) i na istoku (Barencovo more) granica regije teče znatno južnije nego u sredini, gdje je pod utjecajem tople Zatonske struje potisnuta uzduž sjeverozapadnih obala Norveške prema sjeveru. U termičkom pogledu južna granica označena je izotermom od 5°C, a sjeverna izotermom od 0° ili ispod 0°C. Najjužniji dijelovi regije, koji stoje na prijelazu prema borealnoj, čine s u b a r k t i č k o područje (najsjeverniji dijelovi norveške obale, Obala Murmanska, plitki dijelovi Bijeloga mora, jugozapadno Barencovo more, sjeverne i istočne obale Islanda). Najsjevernije vode regije čine v i s o k i a r t i k (temperature 0° ili ispod 0°C, istočne i sjeverne obale Špicberga, sjeverni dijelovi Barencova mora, Karsko i ostalo Sibirsko ledeno more, sjeverozapadni i sjeveroistočni Grenland, Jan Majen i sjeverni polarni bazen).

Za arktičku regiju, a osobito za visoki arktik, značajne su neke ekologijsko-biogeografijske osobine. Kao i sve skrajne i specijalizovane biocenoze, regija sadržava relativno malen broj većinom stenotermnih vrsta, koje dolaze obično s golemim brojem jedinki. Druga je značajna osobina, da je najgornji pojas litorala do 4—5 m dubine vrlo siromašan višim oblicima ili gotovo pust, i to zbog razorne snage obalnog leda, koji priječi u najgornjem sloju razvitak svakog bujnijeg života. Za hladne arktičke vode značajno je i usporivanje spolnog dozrijevanja i u vezi s time pojave gigantizma (str. 150), smanjenje plodnosti i povećanje žumanca u jajima i u vezi s time skraćivanje trajanja larvalnih stadija i uopće siromaštvo larvalnih oblika.

Arktik je obilježen znatnim brojem endemskih vrsta. Od alga su značajne, pored drugih, *Monostroma groenlandicum, Dictyosiphon corymbosus, Laminaria solidungula, L. Agardhii, Delesseria Baërii, Polysiphonia arctica* i druge. Endemska fauna sadržava veći broj spužava, hidroida (*Campanularia groenlandica*), briozoa, raka, i to naročito amfipoda (rod *Onisimus* sa 11 vrsta je pretežno arktičan) i izopoda (rod *Mesidothea*), moluska (*Portlandia arctica*), veći broj ehinoderma (*Ophiura nodosa*), riba (*Cottus quadricornis, Gadus saida, Pleuronectes glacialis*) i sisavaca (*Phoca groenlandicum*).

Regije epipelagijala

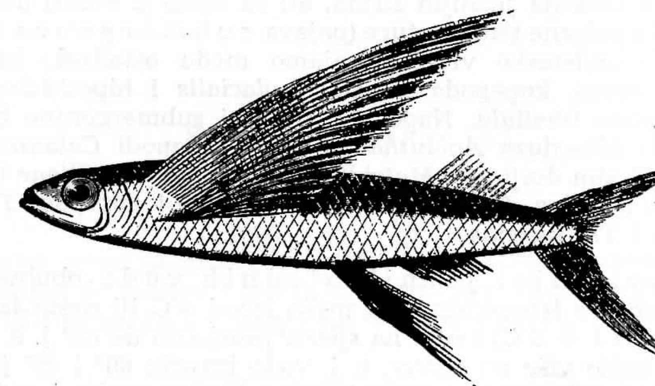
Fizičke i kemijske osobine slobodnih voda, a osobito temperatura, nisu ni izdaleka podvrgnute tolikim kolebanjima kao te osobine litoralnog područja, pa su stoga ekologijski uvjeti u vodama otvorenog oceana praktički homogeni na golemim plohama. S druge strane zbog aktivne ili pasivne pokretljivosti pelagijska bića ne nailaze u svom rasprostiranju na nesavladive topografijske poteškoće, kakve susreću katkada bentoski organizmi. Zbog oba razloga područja rasprostranjenosti pelagijskih bića mnogo su veća i u sastavu homogenija nego područja litoralnih organizama. Stoga epipelagijal pokazuje jasno razvijene samo tri velike regije: posrijedi regiju toplih voda, a na sjever i na jug regiju sjevernih odnosno južnih hladnih voda.

Pored specifično toplovodnih i hladnovodnih vrsta ima kozmopolita, koji se susreću u toplim vodama tropa kao i u hladnim arktika i antarktika. Amo idu, na pr. sifonofore *Dinophyes arctica* i *Physophora hydrostatica*, ktenofore *Pleurobrachia pileus* i *Beroë cucumis*, hetognat *Sagitta maxima*, kopepodi *Oithona similis* i *Calanus finmarchicus*.

Epipelagijal toplih voda. U termičkom pogledu obuhvaća on tople (25°—20°C) i umjereno tople (20°—15°C) vode, i prema tome je ograničen na sjever i na jug izotermama od 15°C. No granice prema pelagijalu sjevernih i južnih hladnih voda nisu oštre. Za veći dio stanovnika one bi imale biti oko 45° sjeverne odnosno južne širine. Tako bi ova regija obuhvaćala oba velika sistema površinskog kružnog strujanja na sjever i na jug od ekvatora, s njihovim halostazama u sredini i ekvatorijalnim područjem između njih. S obzirom na rasprostranjenost u istočno-zapadnom pravcu toplovodni epipelagijal je cirkumterestričan i prema tome homogen i jedinstven u cijelom pojasu toplih voda svih mora. Malo je rodova, poznatih s više stanica, koji nisu nađeni u svim oceanima. U ovoj regiji naročito su dobro zastupane i za nju značajne pelagijske foraminifere (*Globigerina*), sifonofore, kopepodi, amfipodi, pteropodi i heteropodi, pelagijski tunikati, a u manjem opsegu oceanske ribe.

Cirkumtropske sifonofore su *Velella spirans, Porpita porpita, Diphyes sieboldi i Physalia physalis.* Od kopepoda mnogi toplovodni (kao rodovi *Copilia* i *Sapphirina*) ili euritermni (*Paracalanus parvus, Anomalocera patersoni*) oblici imaju cirkumterestričnu rasprostranjenost. Od pelagijskih amfipoda grupa hiperiida sa više porodica dolazi u svim toplim vodama. I velika većina pteropoda, kao *Limacina inflata, Creseis acicula, Clio pyramidata* i rod *Cavolinia* su stanovnici površinskih toplih voda svih oceana. Za ove vode značajni su i puževi *Janthina* i *Phylliroë.* Apendikularije

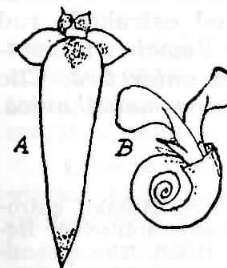
(rodovi *Fritillaria, Oikopleura*) sve su, osim malo izuzetaka, toplovodne i većinom cirkumterestrične, pa tako i najveća većina salpa (*S. mucronata, S. fusiformis* i t. d.), doliolida i sve pirosome. Od



Sl. 168. — *Exocoetus rondeletii* (Cuvier i Valencinnes).

riba, koje su uostalom slabije zastupane u oceanskom pelagijalu, mnoge vrste i rodovi, među njima naročito poletuše (*Exocoetus* i srodnici, sl. 168) dolaze u toplim vodama oko cijele zemlje.

Epipelagijal sjevernih hladnih voda. Južnu granicu ove regije čine na površini granice toplih južnih (zatonske u Atlantiku, Kurošio u Pacifiku) i hladnih sjevernih struja, pa je stoga ona u istočnom Atlantiku potisnuta znatno više na sjever nego u zapadnom.



Sl. 169. — A, *Clione limacina*, pov. 1.5 puta; B, *Limacina helicina*, pov. 4 puta. (Po G. O. Sarsu).

Između ovih granica i granice toplih voda, koja ide prosječno paralelom od 45°, prostire se prelazno područje, u kojemu žive naročito kozmopolitski i euritermni oblici susjednih voda, a kako se čini, nema izrazitog specifičnog epipelagijala, koji bi odgovarao borealnom litoralu.

Flora i fauna sjevernih hladnih voda odlikuje se općenito siromaštvom oblika. Neke grupe uopće nemaju zastupnika u ovoj regiji, tako na pr. salpe. Nasuprot relativnom siromaštvu vrsta neki oblici dolaze u golemim masama, tako pelagijski puževi *Clione limacina* i *Limacina helicina* (sl. 169), neke eufauziaceje, kopepod *Calanus finmarchinus* i neki amfipodi (*Themisto inermis* i drugi). Pored ko-

zmopolitskih i euritermnih oblika sjeverni hladnovodni epipelagijal sadržava dvije grupe vrsta: endemske arktičke i artičko-submergentno borealne. Prve dolaze samo u polarnim vodama, a druge također i u vodama južnijih širina, ali tu samo u većim dubinama, gdje vladaju polarne temperature (pojava s u b m e r g e n c a str. 296). U arktičke endemske vrste ubrajamo među ostalima: ktenoforu *Mertensia ovum*, kopepoda *Euchaeta glacialis* i hiperidskog amfipoda *Themisto libellula*. Napose arktičke i submergentno borealne su vrste: trahimeduza *Aglantha digitalis*, kopepodi *Calanus hyperboreus* (do 9 mm duljine) i *Metridia longa*, pteropodi *Clione limacina* i *Limacina helicina*, *Oikopleura labradoriensis* i amfipodi *Themisto abyssorum* i *Th. inermis*.

E p i p e l a g i j a l j u ž n i h h l a d n i h v o d a obuhvaća antarktične vode s temperaturama nešto ispod 0°C ili nešto iznad 0°C (između —1.7 i + 2°C) i seže na sjever prosječno do 60° j. š.

Vode nešto više na sjever, t. j. vode između 60° i 45° j. š. čine prelazno područje između tople i južne hladne regije i sadržavaju uglavnom kozmopolitske i euritermne oblike, a nisu dovoljno obilježene specifičnim endemskim vrstama.

Epipelagijal ove regije pokazuje u mnogo čemu sličnosti s epipelagijalom sjevernih (arktičkih) i hladnih voda naročito siromaštvom oblika, velikim brojem jedinki i nestašicom slobodno plivajućih larvi bentoskih životinja. Osim kozmopolitskih i euritermnih, nalazi se tu i znatan broj endemskih oblika. Značajnije su vrste ove regije: sifonofora *Diphyes antarctica*, znatan broj kopepoda kao *Calanus acutus*, *Euchaeta antarctica* i *Oithona frigida*, od ostrakoda rod *Conchoecia*, od pteropoda, pored bipolarnih *Clione limacina* i *Limacina helicina*, koji dolaze s posebnim varijetetima *antarctica*, *Clio australis* i *C. sulcata*, veći broj apendikularija i *Salpa magalhanica*.

L i t e r a t u r a:

KNIPOVIČ N. (1924), Raspredelenie žizni v Črnem more. Russkij gidrobiol. Žurn. T. III. — MEISENHEIMER J. (1905), Die tiergeographischen Regionen des Pelagials. Zoolog. Anzeiger 29. — NANSEN F. (1902), The oceanography of the North Polar Basin. The Norwegian North-Polar expedition. 1893—96. — NIKITIN W. N. (1931), Die untere Planktongrenze und deren Verteilung im Schwarzen Meer. Intern. Rev. Hydrobiol. und Hydrograph. H. XXV. — RUNNSTRÖM S. (1927), Über die Thermopathie der Fortpflanzung und Entwicklung mariner Tiere in Beziehung zu ihrer geographischen Verbreitung. Bergens Mus. Aarb. No 2. — IDEM (1936), Die Anpassung der Fortpflanzung und Entwicklung mariner Tiere an die Temperaturverhältnisse verschiedener Verbreitungsgebiete. Ibidem No 3, 1936.

S e d m o p o g l a v l j e:

ČOVJEK I ŽIVOT U MORU

Čovjek je od pamtivijeka pokazivao dvostruko zanimanje za život u moru: praktično i teorijsko-spoznajno. Prvo ga je vodilo do i s k o r i š ć i v a n j a, a drugo do i z u č a v a n j a života u moru.

ISKORIŠĆIVANJE MORSKIH ORGANIZAMA

Čovjek iskorišćuje morske organizme z a h r a n u, a zatim i u razne i n d u s t r i j s k o - t e h n i č k e svrhe.

M o r s k i o r g a n i z m i k a o h r a n a č o v j e k a

More sadržava ogromnu zalihu ljudske hrane. Praktična je važnost morskog života u tome, što je on č i s t p r i r o d n i i z v o r vrijedne organske građe. U moru nije potrebno sijati, kao na kopnu, treba samo plodove pobirati. U tom pogledu ribarstvo više liči šumarstvu nego poljoprivredi.

Iako je čovjek iskorišćivao morski život za hranu već od pamtivijeka, to je iskorišćivanje ostalo sve do pedesetih godina prošloga stoljeća vrlo ograničeno. Istom pronalaskom parne i motorne snage, koji je omogućio ribolov na dalekim brakovima, usavršenjem ribolovne tehnike, upotrebom povlačnih dubinskih mreža, poboljšanjem organizacije prijenosa i prodaje ribe, a i porastom potražnje od strane potrošača naglo se i snažno pojačao ribolov i ribarska proizvodnja u drugoj polovici prošlog stoljeća. Porast ribolova u moru i ribarske proizvodnje vidno je rastao u posljednjih dvadesetak godina sve do današnjeg dana.

Prema statistici internacionalne Komisije za istraživanje mora u Kopenhagenu ribarska proizvodnja zapadnih i sjevernih zemalja Evrope (bez SSSR) iznosila je

u godini 1920 . . . 2,52 milijuna tona
u „ 1925 . . . 2,75 „ „
u „ 1930 . . . 3,65 „ „
u „ 1937 . . . 4,17 „ „

G o d i š n j a p r o i z v o d n j a c j e l o k u p n o g r i b o l o v a doista je vrlo velika, iako nije moguće ustanoviti njezin točan iznos. Prema podacima raznih statistika i stručnih časopisa cijela svjetska proizvodnja morske ribe u predratnim godinama (1930.—1940.) rasla je do nekih 12, a možda i 15 milijuna tona. U toj proizvodnji stoji na prvome mjestu Japan s godišnjim iznosom od 4—5 milijuna tona. S. A. D. s Kanadom proizvodile su 2—2.5 mil. tona, a Kina c. 1.4 milijuna tona. U SSSR je proizvodnja od 0.2 mil. tona, u god. 1919., porasla u god. 1931. na 1.5 mil. tona (K n i p o v i č 1938).

Prema službenim statistikama morski ribolov Jugoslavije u god. 1930.—1940. iznosio je prosječno 0.0072 mil. tona ili 7.2 mil. kg (Š o l j a n - M i l i ć 1940). Kako je ta proizvodnja relativno malena, pokazuje poredba na pr. s ribolovom Norveške, koja je proizvela u god. 1937. 1 mil. tona ribe, dakle oko 139 puta više. Glavni uzroci niske ribarske proizvodnje u predratnoj Jugoslaviji bili su: usko područje ribolova (uglavnom samo obalne vode i kanali istočnog Jadrana), nedovoljna organizacija i briga organa vlasti za unapređenje ribarstva.

G l a v n i s u p r e d m e t i s k o r i š ć i v a n j a m o r s k i h o r g a n i z a m a r i b e. Od njih je tek relativno manji broj porodica, rodova i vrsta, koje su važne za ribolov. To su naročito: od klupeida vrlo važan rod *Clupea* s većim brojem vrsta, od kojih su u evropskim vodama najvažnije haringa (*Clupea harengus*), srdjela (*Cl. pilchardus*), srdjelica (*Cl. sprattus*) i brgljun (inčun, *Engraulis encrasicholus*), od skombrida skuša (*Scomber scomber*), plavica (*S. colias*), tunj (*Thynnus thynnus*), bijeli tunj (*Germo alalonga*), bonito (*Euthynnus pelamis*), polanda (*Sarda sarda*), luc (*Euthynnus alliteratus*), trup (*Auxis bisus*) i šnjur (*Trachurus*); od ksifiida sablja (*Xiphias gladius*), od salmonida losos (*Salmo salar*); od angvilida jegulja (*Anguilla vulgaris*); od gadida više vrsta bakalara (*Gadus morrhua, G. aeglefinus*), pišmolj (*G. luscus* i *G. minutus*), oslić (*Merluccius vulgaris*) i drugi; od plosnatica (*Heterosomata*) važni su iverci (*Pleuronectes platessa, Pl. limanda, Pl. flesus, Pl. cynoglossus, Pl. microcephalus), jezik (Hippoglossus vulgaris),* oblić (*Rhombus maximus*) i list (*Solea vulgaris*), od elazmobranhija su znatne raže (rod *Raia*), morski psi (*Acanthias, Mustelus* i neki drugi). Pored navedenih ima još znatan broj porodica, koje imaju neku, iako sporedniju važnost za ribolov. To su naročito *Mugilidae, Scorpaenidae, Triglidae, Labridae, Sparidae, Mullidae, Serranidae* i neke druge.

Od svih navedenih porodica najvažniji su za ribolov klupeidi, i to rod *Clupea*. Tako je sama haringa činila prije rata 50 do 60 procenata od cijele ribarske proizvodnje Sjevernog mora. Analognu vrijednost ima srdjela za južnije istočnoatlantske i mediteranske vode. — U ribarstvenoj proizvodnji Jugoslavije u razdoblju 1930. do 1940. ribe su iznosile prosječno 94% od čitave lovine (oko 7.2 mil. kg na godinu). Od toga je išlo na nektonsku ili plavu ribu oko 67%, a ostatak od 27% na ostale, bentoske ili s t a l n e vrste. Od 67 procenata plave ribe na samu srdjelu je išlo 40%, na skušu oko 11%, na plavicu 7, na tunja 5, a na ostale (brgljun, šnjur) oko 4%. Od bentoske ribe (27%) najveći dio ide na giricu *(Maena),* i to oko 8.5%, na ciple oko 2.5%, a 16% na sve ostale prilično mnogobrojne vrste (Š o l j a n - M i l i ć 1940).

H r a n j i v a v r i j e d n o s t morskih riba osniva se na visokom sadržaju vrijednih organskih spojeva, osobito bjelančevina, a kod nekih i masti, vitamina i na znatnijem iznosu nekih elemenata, kao na pr. joda.

Tablica 42 nam prikazuje hranjivu vrijednost nekih morskih organizama po R. L e g e n d r e u.

Tablica 42

	Voda	Pepeo	Masti	Bjelančevine	Uglikohidrati
Haringa	75.3	1.7	6.1	16.9	
Bakalar	81.7	1.4	6.3	16.5	
Skuša	70.9	1.4	8.7	19.0	
Raža	77.5	1.2	1.0	20.3	
Oslić	80,1	1.0	0.3	18 0	
Jastog	82.0	1.7	1.8	14.5	
Kamenica	87.0	2.0	1 2	5.9	3.6

Prema ovoj tablici procenat vode u ribama koleba najčešće između 70 i 80 procenata i prema tome je redovno viši nego kod većine domaćih životinja, pa odatle dolazi lakša probavljivost riba. Iznosi bjelančevina sa poprečno 15 do 20 procenata približno su jednaki iznosima kod domaćih životinja (svinjetina c. 14.5, govedina c. 19, mršava teletina oko 20.7%). Iznosi masti vrlo kolebaju kod raznih riba. Kod masnih su vrlo visoki (kod jegulje do 28%), a kod mršavih, kao kod velike većine t. zv. bijele ribe: oslića, bakalara, girice, raže, vrlo su niski (do 1%). Posrijedi stoje klupeide i skombride s iznosima između 2% i 9%, rijetko i do 15% (masne haringe), koji odgovaraju iznosima nekih domaćih životinja (mršava teletina oko 2.8%, govedina 7 do 8%). Iznos masti kod tih riba znatno je

veći ljeti nego zimi. — Količina je mineralnih soli kod riba približno jednaka ili nešto veća nego kod domaćih životinja, no riblje meso sadržava nešto znatnije iznose nekih važnih elemenata, kao što su jod, fosfor i željezo. Naročito hranjiva vrijednost riba potječe od znatnih iznosa raznih vitamina. Prema novijim istraživanjima (Lunde 1939) masti i unutrašnji organi riba sadržavaju znatne množine skoro svih poznatih vrsta vitamina. Tako su jetrena ulja riba najvažniji izvor *A* vitamina. On dolazi također u znatnoj mjeri i u tjelesnoj masti masnih ili polumasnih riba (srdjela, haringa, skuša, tunja). Razni sastavni dijelovi vitaminskog kompleksa *B* (B_1, B_2 i t. d.) dolaze u znatnim iznosima kod unutrašnjih organa riba, osobito u jetri, ikri i mliječu. U manjim količinama dolaze i u mesu. Vitamin *C*, tipični vitamin biljnog carstva, dolazi u znatnoj mjeri u ikri. I vitamin *D* dolazi u vrlo znatnom opsegu. Meso masnih riba i njihova jetra najbogatiji su i pored masla i jajnog žumanca gotovo jedini izvor ovog vitamina. Dok gram maslaca sadržava jednu, a jajnog žumanca 2—3 jedinice ovog vitamina, jetreno ulje bakalara ima ga oko 100 puta više, skuše 1.800, a tunja do 30.000 puta više (Lunde). Za narodnu ishranu od velike je važnosti, da i tjelesna mast (na pr. srdjele ili skuše) sadržava visoke iznose ovog vitamina. Tjelesna mast skuše je za 60, a mast haringe za 125 puta bogatija ovim vitaminom od maslaca. Zbog te činjenice hranjiva vrijednost t. zv. plave ribe zbog velikog procenta masti i visokog iznosa vitamina *D* uistinu je visoka.

Za čovječju ishranu iskorišćuju se i neki morski beskičmenjaci. Od njih su najvažniji raci i moluski. Od prvih su važne kozice (*Crangon, Leander*), norveška kozica (*Pandalus borealis*), velika kozica (*Penaeus*, više vrsta, osobito u južnijim morima), jastog (*Palinurus vulgaris*), hlap (*Homarus vulgaris*), škamp (*Nephrops norvegicus*), rakovica (*Maia squinado*) i drugi.

Raci se cijene zbog visokog iznosa bjelančevina (tablica 42) i naročita ukusa. Laka kvarljivost njihova mesa potječe od enzimskih djelovanja. U jadranskom ribolovu od raka najvažniji su škamp i jastog.

Od moluska na prvom mjestu stoje glavonošci, i to rodovi: liganj (*Loligo*), sipa (*Sepia*), hobotnica (*Octopus*), sipica (*Sepiola*) i muzgavac (*Eledone*). Od školjki su veće važnosti kamenica (rodovi *Ostrea* i *Gryphaea*) i dagnja (*Mytilus*). Prva se dobiva vještačkim uzgojem, a druga koje iz kultura, a koje s naravnih staništa. Od drugih školjki su nešto važnije *Cardium edule*, više vrsta roda *Pecten* i kunjka (*Arca noae*). Za hranu se upotrebljavaju i neki morski puževi kao i neki trpovi (»trepang«).

Hranjiva vrijednost moluska potječe od znatnih iznosa bjelančevina i glikogena. Pored toga oni sadržavaju i znatnije iznose joda.

Moluski čine tek malen procenat od cijelog morskog lova. U ribolovu Jugoslavije u razdoblju 1930.—1940. iznose tek 5.3% od čitave ribarske proizvodnje. Među njima stoje na prvom mjestu glavonošci (3.3%), a na drugom školjke (oko 2%). U obalnim vodama Jugoslavije postoje na više mjesta, a naročito u Neretvanskom i Podvelebitskom kanalu, povoljni fizički i kemijski uvjeti za razvitak vještačkih kultura kamenica (oštriga) i daganja.

Od ostalih morskih organizama, koji imaju neku važnost za hranu čovjeka i domaćih životinja, spominjemo morske alge. One su se do nekih pedesetak godina upotrebljavale u znatnijoj mjeri za hranu i na sjevernoevropskim obalama (vrste *Alaria esculenta, Iridaea edulis* i t. d.). Danas se kao hrana upotrebljavaju još samo na južnim obalama Islanda. Naprotiv njihova upotreba je prilično znatna na dalekom Istoku, a osobito u Kini, Japanu, na Kamčatki i na obalama Australije i Polinezije. Tu dolaze u račun za hranu napose rodovi *Ulva, Enteromorpha, Codium, Sargassum, Alaria, Porphyra, Chondrus, Gigartina* i drugi. Alge se jedu sirove kao salata, kuhane kao povrće ili pripravljene kao »umak« s ribom. Često se od njih sprema galerta, koja se jede s dodatkom šećera, voćnih sokova i t. d. Kinesko obalno stanovništvo uzima za hranu naročito nepriređene biljke, dok Japanci u većoj mjeri troše proizvode njihova prerađivanja. Tu su rašireni proizvodi od alga poznati pod imenom »Amanori« (iz porfire) i »Kombu« (iz nekih laminarija) i t. d. Hranjivost alga temelji se na visokim iznosima laminarina i topljivih pentosana. Međutim nije konačno utvrđeno, do koje se mjere alge probavljaju i iskorišćuju, jer prema nekim istraživanjima one su slabo podvrgnute djelovanju probavnih fermenata.

Na obalama Amerike, Istočne Azije i sjeverozapadne Evrope alge se od davnina upotrebljavaju kao stočna hrana. Tako osobito rodovi *Rhodymenia, Alaria* i *Laminaria* (u Francuskoj te alge zovu »goëmon à béstiaux«). Za hranu se daju svježe, sušene, kuhane (svinjama) ili priređene kao brašno. Domaće životinje mjesecima se mogu hraniti algama bez štetnih posljedica za zdravlje. Hranjivost alga odgovara otprilike srednjoj kvaliteti sijena. Sadržaj joda u mlijeku krava, koje se hrane algama, penje se od 0.03—0.04 do 3.23 mg u litri.

Literatura:

KYLE H. M. (1928), Die Statistik der Seefischerei Nordeuropas. Handbuch der Seefischerei Nordeuropas. Bd. X, H. 14, Stuttgart. — ERCEGOVIĆ A. (1935), Osnove racionalnog i suvremenog ribarstva. — Naši ribarstveni problemi, Zagreb. — LISSNER H. (1939), Über die Makrele des Adriatischen Meeres. Thalassia Vol. III, No 8. — LUNDE G. (1939), Neue Forschungen über Vitamine in Fischen und Fischprodukten. Monatshefte f. Fischerei, No 9—10. — Šoljan T. (1948), Ribe Jadrana. Zagreb. — ŠOLJAN T. i MILIĆ (1940), Statistika morskog ribarstva 1930—1940 g. — ŠRAJBER G. (1938), Naša riba. Split.

Industrijsko-tehnička upotreba morskih organizama

Morski organizmi od znatne su važnosti za proizvodnju brojnih industrijsko-tehničkih i medicinskih predmeta. Iz mesa i jetara nekih životinja, u prvom redu sisavaca (kitova i dupina) i riba (napose bakalara i morskih pasa) dobivaju se važne riblje masti odnosno ulja (bakalarevo ulje). Od ribljih ostataka i nehranjivih životinja priređuje se riblje brašno, koje se upotrebljava za krmu domaćih životinja. Skeleti nekih spužava (*Euspongia officinalis*) nalaze široku primjenu u higijeni i industriji. Sedef i biser moluska i anorganske tvorbe nekih koralja (*Corallium rubrum*) i nekih briozoa upotrebljavaju se za nakit. Mast, jetra i spolni proizvodi morskih riba u posljednje su vrijeme važan izvor vitaminskih preparata.

Od goleme industrijske važnosti su masti kitova. Pretjerani lov ovih sisavaca posljednjih decenija doveo je neke vrste (grenlandskog kita) gotovo do istrebljenja. Stoga je u posljednje vrijeme lov na kitove u arktičkim vodama postao slabo ili nimalo rentabilan. — Za lovne sezone 1937.—1938. ulovljeno je ukupno 54.664 kitova. Od toga potječe 46.029 iz Antarktika, 3.044 iz Afrike, 1.980 iz Japana, 657 iz Arktika, 483 iz Sjevernog Pacifika, a ostatak iz svih ostalih područja. Iste sezone je dobiveno 606 hiljada tona kitove masti.

U posljednje vrijeme postaje sve znatnija industrijsko-tehnička upotreba morskih alga. Prije svega one se mnogo upotrebljavaju za đubrenje (napose fukaceje i laminarijaceje), tako osobito u Japanu (đubrenje rižišta) i u sjeverozapadnoj Francuskoj (imena: »goëmon« od alga, »varech« od morskih trava, »maërl« od litotamnija). Upotrebljavaju se svježe alge, koje su izbačene iz mora ili su u tu svrhu »pokošene«. Vrlo se cijene kao gnojivo, jer sadržavaju u dovoljnoj mjeri gotovo sve potrebne hranjive sastojke (kod upotrebe treba dodati fosfata). Pri đubrenju algama ne pokazuje se nikakvo štetno djelovanje natrijeva hlorida.

Alge se još i danas gdjegdje upotrebljavaju za dobivanje sode i joda. U tu svrhu dolaze naročito u račun orijaške pacifičke alge *Macrocystis, Nereocystis* i *Pelagophycus*, a na obalama sjeverozapadne Evrope laminarijaceje i fukaceje. Na obalama Francuske i Engleske sušene alge spaljuju se u posebnim jamama (»pećima«), i tako se dobiva crna ili siva smjesa (»kelp«), koja sadržava veliki procenat kalijevih i natrijevih soli i upotrebljava se u fabrikaciji običnog stakla i za dobivanje joda. Njega imaju najviše rodovi *Laminaria, Ecklonia* i crvena *Phyllophora*, koja se iskorišćuje u tu svrhu naročito u SSSR. Zanimljivo je, da se u tim algama dio joda nalazi u izvjesnom organskom spoju, kojemu je narav još nepoznata. Dok se nije počela proizvodnja joda iz čilske salitre, morske alge su bile jedini izvor. I danas Francuska, Španjolska i Japan proizvode iz morskih alga oko 7% od čitave svjetske proizvodnje joda. Od alga se također dobivaju neki važni organski spojevi, kao alginska kiselina i t. zv. membranske sluzi, manit i laminarin. Alginska kiselina ili algin ($C_6H_4O_6$) dolazi gotovo kod svih alga, no u najvećoj mjeri kod rodova *Laminaria, Alaria* i *Fucus*, gdje iznosi 15—40% suhe tvari. Soli ove kiseline, alginati, upotrebljavaju se u razne industrijske svrhe (u tekstilnoj industriji kao sredstva za apretiranje, u industriji papira za lijepljenje, kod priređivanja nepromočivih tkanina, linoleuma, filma, vještačke svile i t. d.).

Membranske sluzi dobivaju se osobito iz crvenih alga. U kemijskom pogledu sadržavaju galaktane, pentosane, metilpentosane i t. d. Najvažniji preparat iz membranskih sluzi je agar-agar. Dobiva se napose iz rodova *Gracillaria, Gelidium* i *Agarum*. Od alga se dobije kuhanjem galertasta masa, koja se filtrira i ostavlja se na hladnom, da stvrdne. Proizvodnja agara je najveća u Japanu (u godini 1936. proizvedeno oko 2.500 tona). Proizvodi se dosta i na Ceylonu, a posljednjih tridesetak godina i u Kaliforniji. Velika vrijednost agara osniva se na lakoći njegova skrućivanja i kod malenih koncentracija (već $^1/_2$% otopina stvrdne se na hladnom). Agar se mnogo upotrebljava za hranu, u medicini, u laboratoriju, kozmetici, tekstilnoj industriji i dr. I neke jadranske alge, kao naročito *Gracillaria confervoides, Pterocladia capillacea, Gelidium* i *Hypnea musciformis* sadržavaju neki procenat agara, ali je vrlo sumnjivo, da li bi iskorišćivanje ovih alga, s obzirom na njihove relativno nevelike mase, bilo rentabilno.

Laminarin dolazi kod raznih smeđih alga (u vrsti *Laminaria saccharina* do 34%, *Fucus serratus* 19%) i njegova množina znatno koleba preko godine. To je polisaharid, koji hidrolizom daje glukozu i može se tehnički upotrebiti za razne svrhe, tako na pr. za dobivanje alkohola. Sličnog kemijskog sastava je i manit, koji također dolazi u znatnim množinama kod većeg broja smeđih alga. *Laminaria saccharina* ima ljeti do 25% manita i od njega ima slatkast okus. Ni laminarin ni manit nisu dosada došli do znatnije tehničke upotrebe.

Konačno neke morske alge primjenjuju se i u medicinske svrhe. Tako *Chondrus crispus* i *Gigartina mamillosa* daju poznatu drogu »karageen« (morsku mahovinu). Iz nekih laminarijaceja i fukaceja priređuju se jodni preparati, koji se upotrebljavaju kod poremetnja unutarnjih sekrecija, vrtoglavice i t. d. Laminarija daje u ljekarstvu poznate »stipites laminariae«, koji služe u kirurgiji za proširivanje krvnih sudova. Neke alge služe kao sredstvo protiv crva, kao *Alsidium helminthochortos* na mediteranskim obalama, *Hypnea musciformis* na obalama Grčke i Turske. Neke sadržavaju

spojeve, koji sprečavaju grušavanje krvi, tako *Chondrus crispus* i neke druge. No sve te upotrebe u naučnoj medicini nisu našle priznanje.

L i t e r a t u r a :

ČMELIK S. (1948), O sadržaju joda u nekim jadranskim algama. Acta adriatica, III, 6. — IDEM (1948), Investigation on the adriatic Elasmobranchia liver oils. Acta adriatica, III, 1—3. — HOFFMANN C. (1940), Die praktische Bedeutung der Meeresalgen. Kieler Meeresforschung. III, Kiel. — SAUVAGEAU C. Utilisation des algues marines, Paris. — VOUK V. (1934), Koja nam korist od morskoga bilja? Priroda XXIV.

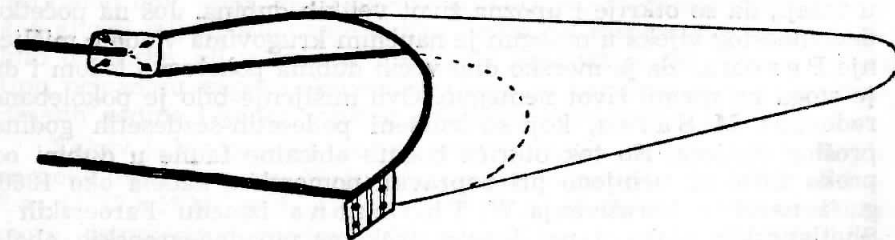
IZUČAVANJE ŽIVOTA U MORU

Život u moru i biologijska nauka

Morski organizmi su od najvećeg interesa za d e s k r i p t i v n u biologiju, koja nalazi u moru kao nigdje drugdje novih oblika. Težnja, da se otkriju posve nove, prelazne, forme, bila je pokretač mnogih naučnih podviga. U moru žive predstavnici svih životinjskih tipova, pa stoga samo morski život omogućuje svestrana istraživanja p o r e t b e n e m o r f o l o g i j e. — Relativno je lako doći do živih spolnih stanica brojnih morskih organizama, kao crva (nemertina, anelida), ehinoderma (ježinaca), moluska (kamenica) i riba i moguće je bez osobitih poteškoća pratiti njihov embrionalni razvitak, pa su tako mnogi morski organizmi najprikladnija građa za izučavanje p o r e t b e n e e m b r i o l o g i j e. Varijabilnost i bogatstvo biljnih i životinjskih biocenoza na morskom dnu, osobito u blizini obala u plićim vodama, direktna i tijesna povezanost biocenoza s fizičkim i kemijskim uvjetima vanjske sredine, neposredno reagiranje oblika i funkcija organizama na te uvjete i relativno lako mjerenje i određivanje tih vanjskih uvjeta omogućuju najuspješnija izučavanja e k o l o g i j e i b i o c e n o t i k e. — Morska voda, kao prirodna hranjiva otopina, koja sadržava u sebi sve elemente potrebne za život i ima osobine i uvjete, koji se mogu lako definirati i po volji modificirati, omogućuje pokus i izučavanje životnih procesa pod gotovo naravnim uvjetima i izučavanja zamršenih f i z i o l o g i j s k i h p r o b l e m a, kao što su selektivnost stanica (n. pr. gomilanje kremena u stanicama dijatomeja ili stroncijeva sulfata u skeletu radiolarija), permeabilnost staničnih opna i u vezi s time vrijednost P ü t t e r o v e hipoteze, mogućnost organogenog taloženja vapnenca i t. d. — Samo morski život omogućuje izučavanje nekih s p e c i f i č n i h b i o l o g i j s k i h p o j a v a u m o r u, kao što su svijetljenje živih bića, pojave životinjskih kolonija (korma) i sesilnosti, pojave raznih tipova simetrije i t. d. Konačno more kao nijedan drugi biotop ima čitav niz neriješenih biogeografijskih problema. Na taj način morski život pokazuje se neobično podesan za izučavanje najraznovrsnijih biologijskih pitanja.

Organizirani rad na istraživanju mora

Zbog svoje mnogostruke naučne zanimljivosti život u moru od davnina je privlačio istraživače, i već na kraju osamnaestog i u prvoj polovini devetnaestog stoljeća započela su osnovna istraživanja, tako da su glavniji oblici morskog života i njihova rasprostranjenost bili već poslije prve polovice prošlog stoljeća prilično dobro poznati. Ta su istraživanja bila uglavnom rezultat napora pojedinaca i odnose se ponajviše na područja obala i plitkoga mora, a nose napose florističko-faunističko obilježje.



Sl. 170. — Shema povlačne mreže po dnu (trawl, po S c h n a k e n b e c k u).

I sva glavnija istraživanja flore i faune Jadrana dugujemo inicijativama i naporima pojedinaca, među kojima se ističu Nijemci G r u b e, L e n d e n f e l d, H a e c k e l, L u k s c h i W o l f, L o r e n z, S c h u l z e, C l a u s; Talijani O l i v i, N a r d o, V a l l e, M a r c h e s e t t i i Z a n a r d i n i te Hrvati S t o š i ć (otac i sin), B o t t e r i, S a n d r i, B r u s i n a, K o l o m b a t o v i ć, B u č i ć, K o s i ć i drugi.

Istom u drugoj polovini prošloga vijeka počinje se znatniji o r g a n i z i r a n i rad na izučavanju života u moru. Tome su naročito pridonijeli: Darvinova nauka o porijeklu i evoluciji vrsta, pojačanje ribolova na otvorenom moru i napredak ribolovne tehnike. Darvinova nauka osvjetljavala je novim svijetlom međusobne odnose živih bića i djelovala je kao naravni poticaj za što intenzivnije izučavanje morskog života, naročito života većih dubina, koji je bio slabo ili nimalo poznat i koji je obećavao otkrića novih, prelaznih, oblika. Nagli porast ribolova poticao je na traženje novih bogatih

lovišta na otvorenom moru, a ta je težnja vodila k intenzivnijem i organizovanom istraživanju. S druge strane pojačani ribolov doveo je šezdesetih godina u diskusiju mogućnost štetnog djelovanja izvjesnog ribarskog alata (trawl-a, sl. 170) na jaja, mlađ i hranu vrijednih morskih riba, pa je i to utjecalo na razvoj intenzivnijeg i organiziranog istraživanja. Konačno i usavršavanje plovnih sredstava: uvođenje parne i motorne snage, te lovnih naprava, pronalazak dredže, planktonske mreže i travla, utjecali su kao nov poriv za organizirana istraživanja, kojim od druge polovice minulog stoljeća rukovode, umjesto osamljenih pojedinaca, tri nova kolektiva, a to su: naučne ekspedicije, pomorske biologijske ustanove i međunarodna suradnja za izučavanje mora.

Naučne ekspedicije

Jedan od važnijih povoda velikim ekspedicijama nalazimo u težnji, da se otkrije i upozna život velikih dubina. Još na početku devetnaestog vijeka u mnogim je naučnim krugovima vladalo mišljenje Perona, da je morsko dno većih dubina pokriveno ledom i da je stoga na njemu život nemoguć. Ovo mišljenje bilo je pokolebano radovima M. Sarsa, koji su izvršeni pedesetih-šezdesetih godina prošlog stoljeća. No tek otkriće bogate abisalne faune u dubini od preko 2.000 m, učinjeno pri popravku pomorskog kabela oko 1860. g., i naročito istraživanja W. Thomsona između Faroerskih i Shetlandskih otoka, i na drugim tačkama zapadnoevropskih obala brodom Porcupine iz 1869.—1870., oborila su konačno to mišljenje i ustanovila, da abisalni život seže čak do 3.600 m. Kasnije je prevladalo mišljenje, da život seže i do najvećih oceanskih dubina i da u njima možda dolaze i posve novi oblici života, pa možda i »živi fosili«, t. j. bića poznata samo kao okamenine iz prošlih formacija zemaljske kore. Ove misli su bile jedna od glavnih pobuda za organiziranje prvih većih ekspedicija, tako osobito nada sve važne ekspedicije »Challengera« (1973.—1876.) pod vodstvom spomenutog W. Thomsona.

Istraživanja »Challengera«, vršena u sva tri velika oceana, nisu zadovoljila sva očekivanja, naročito s obzirom na otkrivanje novih forma života i živih fosila, no ona su donijela toliko novih i tako važnih spoznaja o građi morskog dna, o sastavu dubokomorske faune i o prilagođivanju abisalnog života, da se mogu smatrati prekretnicom u poznavanju života u moru. Gradivo, koje je sabrala ta ekspedicija, obrađeno je od prvih stručnjaka onog vremena, a rezultati su izdani u 82 temeljito obrađene rasprave, koje čine osnovicu današnjeg poznavanja dubokomorske faune.

Challengerovi uspjesi bili su podstrek brojnim sličnim pothvatima, koji istražuju u prvom redu velike oceanske bazene, no ne zanemaruju ni sredozemna mora, kao Mediteran, Crno more i t. d., a ni polarne vode. U tim ekspedicijama sudjeluju gotovo sve pomorske države svijeta. Zadaće istraživačkih ekspedicija sastoje se naročito u sabiranju i pohranjivanju (konserviranju) naučnog gradiva: biljaka, životinja, primjeraka morske vode i morskog dna, koji će se kasnije detaljnije izučavati na kopnu. Zajedno s lovom morskih organizama istražuju se uvjeti sredine, u prvom redu fizičke i kemijske osobine vode i morskog dna.

Budući da ekspedicije zahtijevaju znatna sredstva i budući da su vrijeme i rad na brodu uopće skupi, one se iskorišćuju za istraživanje što raznoličnijih naučnih grana u isto vrijeme, dakle ne samo biologije, nego i hidrografije, geologije, meteorologije, geografije, i t. d.

Što se tiče konačnog cilja, možemo razlikovati u najkrupnijim crtama tri tipa ekspedicija: sistematsko-faunističke, hidrobiologijske i specijalne. Među sistematsko-faunističke ubrajamo one, koje imaju napose sistematsko-morfologijski značaj i kao glavni cilj upoznavanje oblika i njihove rasprostranjenosti, osobito dubinske, ali u vezi sa fizičkim i kemijskim faktorima. Ovom tipu pripadaju napose ekspedicije, koje su izvršene između sedamdesetih godina i konca prošlog i početka novog stoljeća.

Takav je bio najveći broj do sada izvršenih ekspedicija, od kojih su neke osobito važne. Među ove ubrajamo putovanja broda »Blake« (1877—1879) pod Agassizom u Mehičkom i Karipskom moru, istraživanja brodova »Travailleur« (1880) i »Talisman« (1882) pod E. Milne Edwardsom u istočnom Atlantiku, krstarenja »Vettor Pisani«(1882—1885) oko svijeta, a i veći broj (oko 25) putovanja brodova »Princesse Alice« i »L'Hirondelle« (između 1885 i 1914) pod vodstvom zaslužnog princa Alberta od Monaka u zapadnom Mediteranu i sjeveroistočnom Atlantiku. Područje oko Sunda-arhipelaga (na granicama Indika i Pacifika) istraživala je »Siboga« ekspedicija pod M. Vilarom (1899—1900), a ruski brod »Černomerec« pod Andrusovim (1890—1891) istražio je veće dubine Crnoga mora, i u njegovim je dubinama ustanovio odsustvo biljnog i životinjskog života zbog znatnih množina sumporovodika. Austrijski brod »Pola« izvršio je istraživanja u istočnom Mediteranu (1891—1893) i u Jadranu (1894), a kasnije i u Crvenom moru (1895—1898), gdje je ustanovio, i pored visokih temperatura, tipičnu dubokomorsku faunu. Pretežno sistematsko-morfologijsko obilježje nosi i velika njemačka ekspedicija »Valdivia« (1898—1899) pod Chunom, koja je donijela važnih spoznaja o životu dubokomorskog planktona i o ishrani životinja dubokog mora.

Ovoj seriji putovanja mogu se pribrojiti terminske vožnje brodova »Najade« i »Ciclope« (1911 do 1913) austrougarskih i talijanskih istraživača, kao i skromnije ekspedicije »Vile Velebita« (1913—1914), hrvatskih istraživača, koje su imale naročito značenje za istraživanje Jadranskog mora.

Hidrobiologijske ekspedicije istražuju u prvom redu kvalitativne prilike planktona u odnosu prema fizičkim i kemijskim osobinama vode. U vezi s time veliko se značenje daje također istraživanju hidrografijskih faktora.

Od česti sistematsko-morfologijski, a od česti hidrobiologijski značaj imaju polarne ekspedicije, koje su izvršene radi istraživanja raznih grana prirodnih nauka i osobito problema bipolariteta, koji je tako važan sa gledišta biogeografije i paleobiologije. Od polarnih istraživanja važnija su arktička ekspedicija »Ingolf« (1895—1896) i »Helgoland« (1898) i antarktična putovanja broda »Belgica« (1897—1899) pod Gerloche de Gomery, »Gauss» (1901—1903) pod Drygalskim, »Discovery« pod Scottom i nastradalog »Antarctic« pod Nordenskjeldom.

Izrazito hidrobiologijska ekspedicija je »National« (1889) pod Hensenom, »Michael Sars« (1910) pod J. Murrayom i J. Hjortom te »Deutchland« (1912) pod Lohmannom. Amo možemo također ubrojiti veliku i važnu ekspediciju »Meteor« u južnom Atlantiku (1925—28) pod Merzom i Spiesom, koja je imala napose zadatak da upoznaje fizičke i kemijske uvjete i dinamizam (struje) dubinskih voda oceana,a uporedo i biologijske odnose planktona (pod rukovodstvom Hentschela).

Specijalne ekspedicije imaju posebne zadatke, a da pri tome ne zanemaruju ni druga istraživanja, koja se usput mogu izvršiti. Među takve zadatke ide na prvome mjestu proširenje ribolova na nova područja i uopće intenzivnije iskorišćivanje mora.

Tako je g. 1898. organizovana u Rusiji ekspedicija »Murmanec« sa zadaćom da istražuje probleme ribolova i kitolova na sjevernim obalama Rusije. U tu svrhu podignuta stanica u fjordu Kola poslužila je kao polazna točka ekspedicije »Andrej Pervozvani« pod N. Knipovičem, koja je otkrila velika bogatstva Barencova mora. — Slična istraživanja za ribarstvo izvršila je u Sjevernom moru ekspedicija »Michael Sars« (1901—1906), koja je mnogo poslužila je kao polazna točka ekspedicije »Andrej Pervozva-pripadaju istraživanja »Thor« u Mediteranu (1908 i 1921) i »Michael Sars« (1910), »Margarethe« (1913) i »Dana« (1920—1921) u Atlantiku, koja su pod vodstvom J. Schmidta našla mrijestilišta jegulje i objasnila putovanja i život njihovih larva (leptocephali). Konačno amo možemo pribrojiti i novija ribarstveno-biologijska istraživanja broda »Discovery« u Antarktiku (poslije 1925), kojima je bila glavna svrha racionalno iskorišćivanje lova na kitove.

Literatura:

BÜCKMANN A. (1931), Forschungreisen zur See. Handbuch der Naturwis. IV. — CICLOPE (1912—14), Terminfahrten in dem Jahren 1911—14. Bolletino delle crociere periodiche. Commis. internaz. permanente per lo studio dell' Adriatico. Ricerche italiane esequite dal R. Com. Tal. ital. fasc. 1—3, Venezia. — NAJADE Terminfahrten in den Jahren 1911—14. Berrichte über die Terminfahrten.

Pomorske biologijske ustanove (instituti)

Postanak i razvitak. Pojačani interes za izučavanje morskih organizama u drugoj polovici prošlog stoljeća ubrzo je doveo istraživače do spoznaje, da su za temeljito i opsežno izučavanje morskog života u pojedinostima i u cjelini potrebni: lagan pristup do morskih organizama u svako doba godine, njihovo promatranje u živom stanju i pokusni rad s njima u njihovoj naravnoj sredini. Ove pretpostavke dovele su nužno do spoznaje o potrebi stalnih biologijskih ustanova na samoj morskoj obali, koje bi raspolagale svim sredstvima za lov i temeljito izučavanje morskih organizama. Prve pomorske biologijske ustanove u Evropi nastale su u Francuskoj (u Concarneu 1859., Arcachonu 1863., Banyulsu 1863. i Roscoffu 1877.), a godine 1872. započela je radom znamenita »Zoološka stanica« (Stazione zoologica) u Napulju, koju je podigao Nijemac A. Dohrn, i koja je s vremenom izrasla u jednu od najznatnijih ustanova ove vrste i postala uzor većem broju sličnih instituta. Poslije toga vremena podignut je velik broj pomorskih biologijskih stanica na svim svjetskim morima, osobito na evropskim obalama, tako da danas gotovo i nema pomorske države, koja ne bi imala barem jednu takvu ustanovu. Među njima su, pored napuljskog, od naročitog značaja takvi instituti u Moskvi (od 1933), u Plymouthu, u Woods Holu (na atlantskoj obali S. A. D.) i sve do posljednjeg rata na Helgolandu.

Na Jadranu je radila od 1875. do početka prvog svjetskog rata Biologijska stanica u Trstu (brodovi »Argo« i »Adria«), koja je stekla znatnih zasluga za istraživanje sjevernoga Jadrana i za naučno obrazovanje hrvatskih biologa. God. 1891. podignut je institut za istraživanje mora u Rovinju. Po inicijativi i upornom nastojanju akademija nauka u Zagrebu i Beogradu počela je g. 1930. radom stanica Oceanografskog instituta u Splitu (Vouk 1938), koji već danas ima sve preduvjete da se razvije u prvorazrednu ustanovu za izučavanje mora. Velike mogućnosti instituta za oceanografiju i ribarstvo

u Splitu temelje se na slijedećim činjenicama: geografijski položaj s jedne strane u centrumu istočne jadranske obale, a s druge na točki, koja je bliža i pristupačnija svim srednjoevropskim, a napose svim slavenskim narodima nego ijedan drugi institut ove vrste na Mediteranu; smještaj instituta u području, koje se zbog naročite konfiguracije obala i građe morskog dna, zbog odsustva većih rijeka i u vezi s time velike slanoće i čistoće, odlikuje rijetkim bogatstvom mediteranske flore i faune; nedostatak drugog sličnog instituta na jadranskoj obali; mogućnost istraživalačkog rada na moru radi povoljnih klimatskih uvjeta kroz cijelu godinu.

U Sovjetskom savezu postojale su prije Oktobarske revolucije tri pomorske biologijske stanice: crnomorska u Sebastopolju (od 1871), arktička na Murmanskoj obali (od 1881) i manja kaspijska u Baku (od 1913). Poslije revolucije silan je zamah obuhvatio i oceanografijsku nauku, i podignut je čitav niz novih instituta. Osnovicu njihovu čini »Gosudarstveni okeanografski institut«, organizovan u Moskvi 1920. g. Njemu je bila najprije (1930) pripojena Murmanska stanica, a g. 1933. se spojio sa »Vsesojuznij naučni institut morskogo rybnogo hozjaistva i okeanografii (V n i r o)« sa sjedištem u Moskvi. To je centralni zavod, koji je žarište biologijsko-oceanografijskog i ribarstveno-biologijskog rada u SSSR, i s kojim su afilirani brojni drugi instituti odnosno stanice, izgrađeni skoro svi poslije revolucije na obalama svih sovjetskih mora. Od ovih afiliranih instituta važniji su instituti u Murmansku (Polarni institut), Arhangelsku, Kandalakši (Karelija), Kerču, Rostovu, Batumu, Odesi, Astrakhamu, Tobolsku, Petropavlovsku (za Kamčatku), Aleksandrovsku (Sahalin) i Vladivostoku. Pored centralnog Moskovskog instituta i afiliranih stanica postoji već spomenuti sebastopoljski institut, »Gosudarstveni gidrologičeski institut« (u Lenjingradu) i »Novorosijskaja stancija biologičeskaja«.

S obzirom na c i l j e v e pomorske biologijske ustanove pokazuju nekoliko pravaca u razvitku. Neke, napose starije, imaju pretežno značaj jednostavnih s t a n i c a za upotpunjavanje univerzitetskih biologijskih studija, za opskrbljivanje univerziteta i drugih naučnih ustanova i naučnih radnika naučnim gradivom i za biologijsko prosvjećivanje širih slojeva predavanjima, akvarijima i t. d.

Takav su značaj imale pretežno prve francuske stanice, od kojih i danas veći broj pripada u nadležnost univerziteta i služe ponajviše za potrebe nastave i narodnog prosvjećivanja. Pretežno ovaj značaj ima i Oceanografijski institut u Parizu s pripadnim znamenitim muzejem i akvarijem u Monaku (sl. 171).

Druge stanice imaju pretežno značaj naučnih l a b o r a t o r i j a, kojima je zadaća da pruže sve mogućnosti i olakšice u samostalnom naučnom radu iz područja biologije mora.

Najznatniji je predstavnik ovakovih instituta »Zoološka stanica« u Napulju, koja od svog početka nije prestala da bude međunarodno stjecište samostalnih istraživača i metropola biologije mora, u kojoj su postignuti značajni rezultati na području morfologije i siste-



Sl. 171. — Oceanografski institut i muzej u Monaku.

matike (važna izdanja: F a u n a u n d F l o r a, M i t t e i l u n g e n i Z o o l o g i s c h e J a h r e s b e r r i c h t e), embriologije i razvojne mehanike (radovi B o v e r i a, G o d l e w s k o g, H. D r i e s c h a, C. H e r b s t a i drugih), fiziologije (radovi A. T s c h e r m a k a, F.

B. Hoffmana, R. Buriana, C. Hessa), biokemije (istraživanja Vernona, Vintersteina, Botazzia, Püttera, Warburga) i t. d.

Napokon neke ustanove imaju pretežno značaj samostalnih istraživalačkih instituta. Njihov je rad naročito upravljen u pravcu kolektivnog istraživanja mora prema naprijed utvrđenom programu i u pravcu rješavanja teoretsko-naučnih kao i praktičnih problema, koji zanimaju u prvom redu narodnu privredu. Pomorske biologijske ustanove u tome smjeru razvijaju se tek od novijeg vremena. Takve su znatnije ustanove u Evropi: instituti u Moskvi i na Helgolandu (do prije rata). U tom pravcu djeluje i naš Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu (sl. 172).

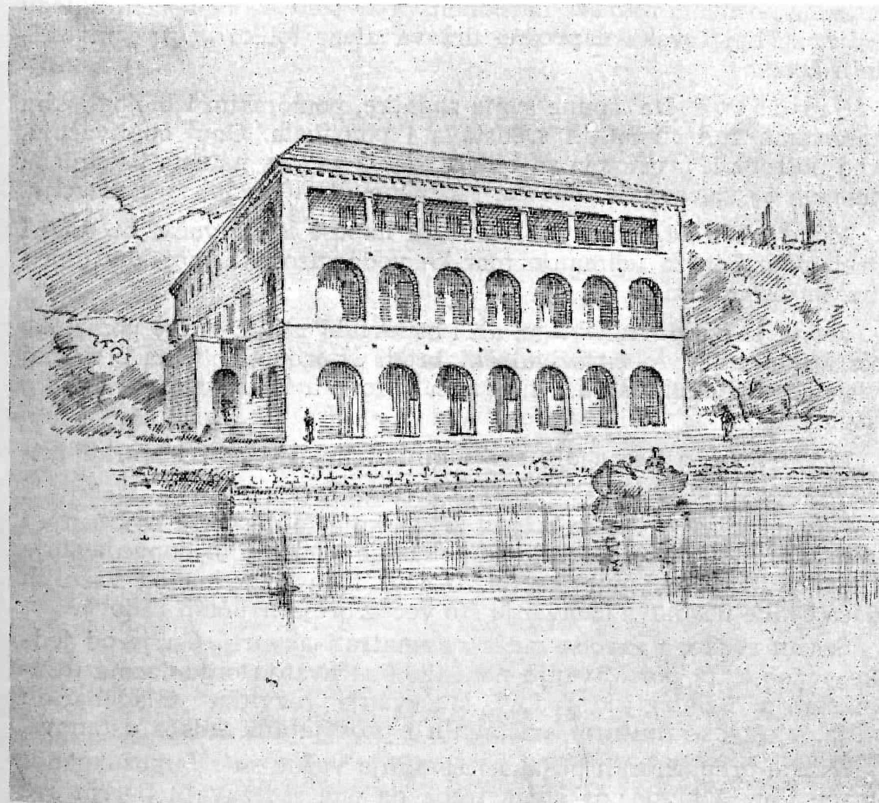
Suvremene zadaće. Već dosadašnji razvitak pomorskih biologijskih stanica postavlja tri glavne zadaće suvremenim ustanovama: organiziran rad na istraživanju mora kao dijela produktivnog narodnog posjeda prema određenom planu i programu, pružanje svih mogućnosti naučnim radnicima za rad na problemima biologijske oceanografije i unapređenje biologijske nastave i narodnog prosvjećivanja.

S obzirom na organizirani rad naučni program ustanove trebalo bi da bude sastavni dio općenitijeg plana i programa u istraživanju zemlje radi iskorišćivanja njezinih prirodnih dobara i stoga bi imao biti usklađen s radom ostalih naučnih ustanova, koje vode brigu oko istraživanja zemlje. Pružanje mogućnosti i pogodnosti rada samostalnim naučnim radnicima, domaćim i stranim, traži, da suvremene ustanove postanu žarišta međunarodne nauke. Ova zadaća sama se od sebe postavlja iz više razloga. Prije svega, na taj se način omogućuje sudjelovanje domaćih i stranih istraživača u izvršenju što šireg naučnog programa. Nadalje naučni i međunarodni obziri traže, da se omogući rad onima, koji kod kuće nemaju takvih mogućnosti. Pored toga za mnogostruke interese zemlje boravak i rad naučnih radnika nije bez značaja. Napokon i sama ustanova može imati od sudjelovanja naučnih radnika neposrednih naučnih koristi (upoznavanje stranih metoda rada, naučne veze i t. d.). Zbog svih tih razloga danas gotovo i nema znatnije naučne stanice, koja ne bi nastojala da privuče što veći broj naučnih radnika.

S obzirom na biologijsku nastavu ne može biti ni govora o temeljitom poznavanju života bez poznavanja bar najglavnijih morskih organizama. Takvo znanje jedva se može postići na univerzitetima, koji su većinom udaljeni od mora, pa je potrebno, da se biologijska nastava upotpuni u biologijskim zavodima na moru. U nekim zemljama rad je na pomorskim biologijskim stanicama i

propisan. U tu svrhu mnoge ustanove održavaju svake godine po jedan tečaj ili više posebnih tečajeva za upotpunjavanje izobrazbe studenata i mladih nastavnika biologa.

S obzirom na narodno prosvjećivanje, poznavanje prirode i života, a u prvom redu poznavanje mora ne smije da ostane povlastica pojedinaca ili samo užeg kruga, nego treba da obuhvati i najšire slojeve narodne zajednice. Zbog toga se ni pomorsko-biologijske ustanove ne mogu osloboditi dužnosti da preuzmu vodstvo i glavnu brigu u pogledu narodnog prosvjećivanja na području biologije mora. Samo one raspolažu potrebnim sredstvima, kao što su akvarij, popularne publikacije i predavanja, zbirke preparata i slika i t. d.



Sl. 172. — Institut za Oceanografiju i ribarstvo u Splitu.

Premda se programatski naučni rad ima smatrati bitnom i prvenstvenom zadaćom oceanografijskih ustanova, ipak ni ostale navedene zadaće ne smiju biti zanemarene. Institucijama ove vrste treba za izvršenje svoje prve i glavne zadaće, t. j. za izvođenje naučnog programa, uistinu znatnih sredstava, pa bi bilo neekonomski i neracionalno, ako se ta sredstva, jednom uložena, ne bi ujedno iskoristila u svim pravcima, pa ako služeći čistoj nauci i narodnoj privredi ne bi ujedno poslužila nastavi, narodnom prosvjećivanju i općem ugledu zemlje, za koje svaka napredna država ulaže toliko briga i materijalnih žrtava.

S r e d s t v a. Da ispune svoje zadatke, pomorskim i biologijskim ustanovama treba znatnih sredstava i pomagala. Ona obuhvaćaju, pored potrebnih prostorija za rad, sredstva za lov, naučna i tehnička pomagala za izučavanje, naučne i stručne sile i shodnu organizaciju.

M e đ u s r e d s t v a z a l o v idu napose istraživački brodovi i potreban pribor za uzimanje morske vode, uzoraka morskog dna i morskih organizama.

Jedna je od glavnih briga, ali i osnovnih uvjeta svake pomorske biologijske ustanove istraživalački brod. Njegova veličina i uređaj zavisit će o veličini radiusa njegovih redovnih izlazaka na more i o opsegu rada.

Među naučna pomagala služe biblioteka, akvariji i zbirke primjeraka morskih organizama.

Nikada nisu prevelike brige i žrtve, koje se ulažu za povećanje i održavanje biblioteke. Osobito se pokazuje praktičnim dopunjavanje biblioteke izmjenom publikacija. U vezi toga je jedna od važnijih zadaća svake ustanove izdavanje što većeg broja naučnih radova.

Srcem svakoga zavoda može se smatrati akvarij. On je od jednake važnosti za postizavanje naučnih (izučavanje organizama u živom stanju, fiziologijski radovi, izučavanje razvitka mladenačkih stadija, vještačke kulture), nastavnih i prosvjetnih zadaća ustanove.

Zbirke prepariranih biljaka i životinja važne su za upoznavanje domaće flore i faune, pa stoga treba da one sadržavaju barem sve važnije tipove.

Glavni je preduvjet uspjehu biologijskih ustanova, da imaju potreban kadar stalnog naučnog i stručnog osoblja. Broj i vrsta zavisi od opsega predviđenog rada.

Napokon za pravilan razvitak ovih ustanova potrebna je i shodna organizacija. Ona omogućuje podjelu rada i dužnosti na izvjestan broj stručnih odjeljenja ili odsjeka, a prema vani koordinira rad ustanove s radom drugih naučnih institucija i uključuje ga u najviši plan naučnog istraživanja zemlje.

L i t e r a t u r a:

BRUSINA Š. (1893), Biološke postaje. Ljetop. Jugosl. Akadem. sv. 8. — CORI J. C., KRUMBACH T. et BROCH HJ. (1938), Allgemeine Gesichtspunkte für die Einrichtung biologischer und hydrographischer Meeresanstalten und Fischereistationen. Abderhalden, Handbuch, Abteil. IX, Teil 6. — KOFOID CH. (1910), The biological stations of Europe. U. S. Bur. of Educat. Bull. 1910. — VAUGHAM T. V. (1937), International aspects of oceanography. Washington. — VOUK V. (1931—33), Biološko-oceanografski institut. Ljetop. Jug. Akad. sv. 43, 45, 46. — IDEM (1938), Smjernice i načela rada Oceanografskog instituta. Godišnjak Oceanograf. instit. I, Split.

Međunarodna suradnja

Pojačano je istraživanje mora u drugoj polovici devetnaestog stoljeća pokazalo, da su problemi života u moru, a napose praktički, t. j. oni, koji se odnose na racionalno iskorišćivanje ribljih naselja, tako mnogobrojni i zamršeni, da ih ne može uvijek uspješno i u cjelini rješavati samo jedan narod, nego se rješavaju suradnjom više naroda ili svih njih po jedinstvenom i unaprijed određenom planu i jednakim metodama rada. Pored toga se uvidjelo, da se uspješne mjere radi zaštite ribljih naselja mogu poduzeti samo na osnovu međunarodnih sporazuma. Tako se rodila misao o potrebi međunarodne suradnje, koja je mnogo pridonijela istraživanju mora. Ta suradnja datira od ustanovljenja »Međunarodne Komisije za istraživanje mora (»Commission internationale pour l'exploration de la mer«) g. 1901. sa sjedištem u Kopenhagenu, u kojoj je sudjelovala većina evropskih naroda.

Komisija ima centralni odbor, u kojem su delegati raznih naroda, stalan ured za vođenje poslova i izdavanje publikacija (R a p p o r t s e t P r o c è s v e r b a u x, J o u r n a l d u C o n s e i l, P u b l i c a t i o n s d e c i r c o n s t a n c e, B u l l e t i n s t a t i s t i q u e). Rad se vrši preko stručnih sekcija, koje vode prvi stručnjaci, a čitavo područje istraživanja (u prvom redu istočnoatlantski šelf) podijeljeno je na izvjestan broj sektora. Pojedine države imaju prema Komisiji obaveze, koje se odnose na njezino uzdržavanje i na izvršenje naučnog programa. U tu svrhu su osnovane u pojedinim državama »nacionalne komisije« za istraživanje domaćih i susjednih voda, koje preuzimaju od Međunarodne Komisije dio radnog programa, što ga moraju izvršiti.

Iako se ne može tvrditi, da je međunarodna Komisija u Kopenhagenu potpuno odgovorila na glavna pitanja, zbog kojih je u prvom redu osnovana, a koja se odnose na praktične probleme iskorišćivanja života u moru, ipak je dala velik prinos poznavanju mnogih osnovnih problema hidrografije i biologije, naročito riba i njihovih naselja, i za poznavanje velikog i jedinstvenog kruženja organske tvari u moru.

Po primjeru Međunarodne Komisije u Kopenhagenu osnovano je prije rata u svijetu više sličnih ustanova, među kojima »Međuna-

rodna Komisija za istraživanje Mediterana« u Parizu (1908). Ona je bila organizovana na sličan način i s analognim zadaćama kao i Komisija u Kopenhagenu, a sudjelovale su u njoj mediteranske države. No rezultati rada ove Mediteranske Komisije ne mogu se ni izdaleka isporediti s rezultatima Komisije u Kopenhagenu, a to napose stoga, što su sjeveroevropska mora u pogledu ribarstva mnogo važnija, pa je stoga u sjevernim zemljama i zanimanje za biologijsko-oceanografijske probleme bilo veće.

Nakon velike Oktobarske revolucije poslije prvoga svjetskoga rata Sovjetski je Savez sam bio kadar da izvrši opsežnu organizaciju biologijsko-oceanografijskog i ribarstveno-biologijskog istraživanja u zemlji, koja je pridonijela za poznavanje i racionalno iskorišćivanje raznih sovjetskih mora ono, što je Međunarodna Komisija u Kopenhagenu dala za izučavanje i ribarstvo sjeveroevropskih voda.

Međunarodna suradnja jedva da je zahvatila Jadran. Istom g. 1910. došlo je do nešto jačeg međunarodnog zahvata stvaranjem austrijsko-talijanske »Stalne komisije« sa sjedištem u Veneciji, koja je od 1911. do 1914. vršila terminska istraživanja (austrijski brod »Najade«, talijanski »Ciclope«) na sporazumno utvrđenim profilima.

Literatura:

DERJUGIN K. (1936), Uspehy sovetskoj gidrobiologii v oblasti izučenija morej. Uspehy sovrem. biolog. t. V, v. 1. — HADŽI J. (1926), Nešto iz historije naučnog ispitivanja Jadrana. Jadranska straža. God. IV, br. 5. — RAPPORTS et Procès verbaux, Copenhague. — ZENKEVIČ L. A. (1937), Uspehy izučenija morskoj fauny SSSR za 20 let. Zoologič. Žurnal T. XVI, v. 1.

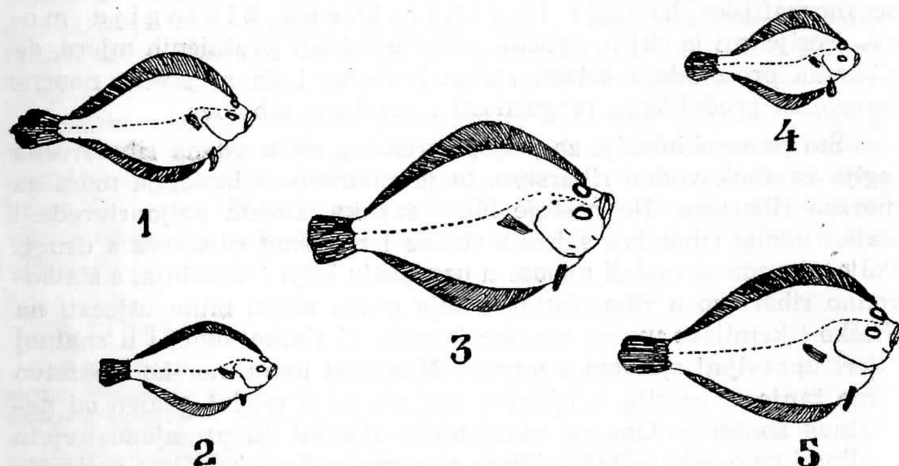
Ribarstvena biologija
Zadaće i metode

Postanak i konačni cilj. U drugoj polovici devetnaestog stoljeća nagli porast proizvodnje ribarstva i intenzivnije izučavanje mora pokazali su, da su ekonomski važniji objekti ribolova ograničeni na relativno manji broj vrsta, da se drže osobito kontinentske podine (samo kitovi dolaze na velikim pučinama) i plitkih mora i da preintenzivno iskorišćivanje riba može od njihovih naselja više uzeti nego su ona kadra obnoviti, pa da takav »prelov« može dovesti u opasnost dalji rentabilitet ribolova, štaviše, i sam opstanak naselja. Primjer je tome uništavanje kita u arktičkim vodama skoro do istrebljenja. Tako je na mjesto starijeg mišljenja o tobožnjoj neiscrpljivosti mora zavladalo uvjerenje, da »u moru nema izvora ljudske hrane, koji bi bio neiscrpljiv, kao što ne postoji ni perpetuum mobile ni kamen mudraca« (Heincke). Ta nova tekovina iskustva upućivala je na potrebu, da se izvori ljudske hrane u moru racionalno iskorišćuju, t. j. da se od njih oduzima samo višak obnavljanja. U tu svrhu je potrebno, da se iskorišćivanje morskog života (riba), kao i ostalih narodnih dobara, postavi na naučnu osnovu, t. j. da se osniva na poznavanju prirodnih zakona i uvjeta, koji upravljaju životom ribljih naselja. Na taj način se ukazala potreba, da se izučava život i sudbina tih naselja, i naročito promjene, koje u njima nastaju pod utjecajima čovjeka i ostalih faktora sredine. Tako se poslije sedamdesetih godina prošloga stoljeća počela razvijati primijenjena grana oceanografijske biologije ili ribarstvena biologija mora. Posljednji je cilj te naučne grane uvođenje praktičnih mjera, da ribarska proizvodnja ostane stalna i visoka i da se stvore naučne osnove za predviđanje mogućnosti i rezultata ribolova.

Što je agrobiologija za poljoprivredu, a slatkovodna ribarstvena logija za slatkovodno ribarstvo, to je ribarstvena biologija mora za morsko ribarstvo. No postoje bitne razlike između poljoprivrede i slatkovodnog ribarstva s jedne strane i morskog ribarstva s druge. Poljoprivreda se sastoji napose u uzgajanju bilja i životinja, a slatkovodno ribarstvo u ribogojstvu, i obje grane mogu bitno utjecati na fizičke i kemijske uvjete sredine (zemlje ili slatke vode) i u znatnoj mjeri upravljati sjetvom i žetvom. Nasuprot tomu morsko ribarstvo samo žanje, a ne sije, a njegove kulture su u cjelini gotovo od neznatnog značenja. Ono ne može bitno utjecati na promjenu uvjeta sredine i ne osjeća se tako tijesno povezanim s naukom kao poljoprivreda i slatkovodna ribarstvena biologija. Zbog toga su i naučni ciljevi ovih posljednjih neposredno promicanje same proizvodnje, pobijanje štetnika i t. d., dok se ciljevi ribarstvene biologije mora svode napose na zaštitu i po mogućnosti na predviđanje, a tek u maloj mjeri na povišenje proizvodnje (vještačka uzgajanja).

Zadaće. Dok opća biologija izučava opće zakone, koji upravljaju živim bićima, a posebna istražuje pojave i zakone pojedinih vrsta, kakvi se javljaju nezavisno u svakoj jedinki, dotle ribarstvena biologija izučava život i sudbinu ribljih naselja kao biologijskih jedinica višega stepena, t. j. zajednica individua, koje zavise od istih uvjeta sredine i zajednički su povezane međusobnim obnavljanjem. Zadaće ribarstvene biologije odnose se na raspoznavanje i obilježavanje samostalnih naselja, njihovo razgraničavanje, izučavanje njihova rastenja i stadija zrelosti, i na poznavanje stepena njihova obnavljanja i uništavanja.

Osnovu svih ribarstveno biologijskih istraživanja čini raspoznavanje i obilježavanje samostalnih naselja. Svako naselje ima specifična morfologijska ili biologijska obilježja, koja je potrebno upoznati, da bismo mogli naselja među sobom razlikovati i ograničiti područja, na kojima ona dolaze. U tu su svrhu potrebna i rasna istraživanja. Metodika tih istraživanja oslanja se na metode, koje su uobičajene u antropologiji. Ona ustanovljuju rasna obilježja, a to su morfologijske osobine, koje se mogu brojiti (brojčana obilježja, tako broj pršljenova, perajnih radija i t. d.) ili mjeriti (odnosi veličina pojedinih dijelova tijela), ili biologijsko-fiziologijske



Sl. 173. — Srednje veličine oko 5 i po godina starih iveraka *(Pleuronectes platessa)*, ⅛ nar. vel. — 1, Sjeverno more iz godine 1905—6, dakle prije poštede za prvog svjetskog rata, veličina 31 cm. 2, Sjeverno more, iz g. 1922, poslije poštede za vrijeme rata, veličina 22 cm. 3, Kategat, iz g. 1921, nakon vrlo intenzivnog lovljenja, vel. 38 cm. 4, Istočni Baltik, prije intenzivnog lovljenja, vel. 22 cm. 5, Zapadni Baltik, poslije intenzivnog lovljenja, vel. 34.5 cm (Kyle).

osobine (vrijeme i mjesto mriješćenja, brzina rastenja, dob zrelosti i t. d.), kojima se razna naselja razlikuju među sobom. Raspoznavanje naselja spomoću njihovih rasnih obilježja omogućuje njihovo razgraničenje na terenu, kojim ustanovljujemo, dokle seže granica rasprostiranja i krug obnavljanja naselja, gdje su njihova mrijesna polja, kakva su njihova pomicanja i seljenja preko godine i u raznim fazama života, i kako prelaze jedna naselja u druga. Izučavanje brzine rastenja, koja je očita iz omjera srednje dužine jedinki i starosti, od znatne je važnosti, jer brzina rastenja može poslužiti kao indikator promjena u naselju. Gušće i lovom manje iscrpeno naselje raste sporije, a više iscrpeno raste brže, i to zbog

manje konkurencije i obilnije hrane (sl. 173). — Određivanje stadija zrelosti može poslužiti za pronalaženje mjesta i vremena mriješćenja. Što se tiče ribarstva, osobito su važna pitanja, koja se odnose na stepen obnavljanja i razaranja naselja. Mjerilo je za stepen obnavljanja množina izmriješćenih jaja, koja se može približno ustanoviti spomoću kvantitativnih vertikalnih lovova, ako oni potječu od većega broja gusto raspoređenih postaja, t. j. tačaka istraživanja.

Kvantitativna izučavanja podjele jaja važno su pomagalo također za pronalaženje vremena i mjesta mriješćenja. Gustoća jaja upućuje na mjesto, a stepen njihova razvitka na vrijeme mriješćenja.

Određivanje stepena uništavanja naselja spojeno je s velikim poteškoćama. Uništavanje se vrši u svim njegovim fazama i od brojnih faktora. Osobito je jako u najranijim pelagijskim stadijima, i tada su od najvećeg utjecaja na njihovo preživljavanje fizički i kemijski uvjeti sredine i množina hrane (pojave fluktuacija, str. 286). U kasnijim, odraslijim stadijima od većeg su utjecaja uvjeti žive sredine, t. j. prisustvo ili odsustvo progonitelja i utjecaji čovjeka, t. j. ribarstva, koji su naročito važni. Izučavanje odnosa između stepena obnavljanja i razaranja vodi neposredno pitanju prelova. Tu mislimo na intenzitet lovljenja, pri kojemu naselje više gubi nego se obnavlja, te stoga opada. Pitanje prelova od najveće je važnosti za dalji postupak ribarstva, ali rješenju tog pitanja nije lagan pristup. Putovi su, koji tomu vode: kontrola cjelokupnog ulova, kontrola prosječnog lova, pokusni lovovi i izučavanje unutrašnje građe naselja. Kontrola cjelokupnog lova ne može dati dovoljnih obavještenja o pitanju prelova, i veličina cjelokupnog lova ne može uvijek biti mjera za veličinu naselja ili stepen iscrpenosti lovišta, jer ona ne zavisi samo od posljednjih, nego i od intenzivnosti lovljenja, zato, što intenzivniji lov na prorijeđenom naselju može dati veću lovinu nego manje intenzivan lov na bogatom i neprorijeđenom naselju. Ni kontrola prosječnog lova, t. j. lova na jedinicu jakosti lovljenja, — kod čega se valja obazirati na broj, jakost i veličinu brodova, veličinu mreža, trajanje lovova i t. d., — nije dovoljna, da točno obavijesti o stanju prelova, jer prosječni lovovi mogu kolebati i zbog prirodnih fluktuacija. Kontrola prosječnih lovova može dati pouzdanijih obavještenja, ako se odnosi na duže vrijeme, u kojemu se utjecaj fluktuacija izravnava. Pokusni (istraživalački) lovovi mogu dati pouzdanija obavještenja, ako se vrše na velikom broju stanica i poretbenom (jednolikom) jakošću lovljenja. Jasniji pogled u pitanje prelova može omogućiti izučavanje unutrašnje građe naselja, naime veličine, sastava po godištima starosti, brzine rastenja i t. d. Tako odsustvo većih i starijih riba u lovini, pa stoga i u naselju, upućuje na jak stepen

uništavanja i mogućnost prelova. Također i pospješen rast (veće dužine u odnosu prema starosti) upućuje na manju konkurenciju i po tom na veći stepen uništavanja ribarstvom (slika 173).

M e t o d a. Izučavanja ribljih naselja u moru spojena su sa znatnim poteškoćama, jer su naselja nevidljiva, i pristup je do njih moguć samo uz pomoć znatnih materijalnih sredstava. Tri su osnovne metode za njihova izučavanja: analize lovnih uzoraka, pokusna markiranja i podaci ribarske statistike. (Za detaljniji opis metodike ribarstveno biologijskog istraživanja isporedi poglavito B ü c k m a n n 1929).

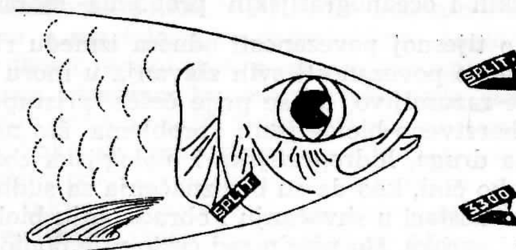
A n a l i z e l o v n i h u z o r a k a. Pod pretpostavkom, da je riblje naselje zbog jednolikosti uvjeta jednoliko podijeljeno na širokom području, uzima se iz istraživalačko-pokusne lovine, koja je u tu svrhu dobivena, ili obične ribarske lovine, dovoljno velik broj primjeraka, već prema vrsti naselja, (kod srdjele ili haringe 100 do 200), bez izbora, i određuje se njihova veličina (dužina i težina), spol i stepen zrelosti (t. j. stanje razvitka gonada), sadržaj crijeva (t. j. hrana po vrsti i množini), starost, odnos dužine prema starosti (rastenje) i razna morfologijska obilježja radi rasnih istraživanja. Na taj način dobiju se s n i m k e n a s e l j a.

Da bi tako dobivene snimke bile što vjernije, t. j. da bi dobivene srednje vrijednosti bile barem relativno reprezentativne i stoga primjenljive na cijelo naselje, treba da svaki uzorak obuhvati što veći broj jedinki, da se istraži što veći broj uzoraka s raznih tačaka područja i da su uzorci dobiveni na što jednolikiji način (jednolik alat i t. d.). V e l i č i n a se određuje većinom u vezi sa starošću, da bi se mogla odrediti brzina rastenja. O d r e đ i v a n j e s p o l a potrebno je stoga, jer se spolovi katkada razlikuju morfologijskim ili fiziologijskim osobinama, i jer je za poznavanje stepena obnavljanja potrebno odrediti broj mrijesnih ženki. Ž e l u č a n i s a d r ž a j određuje se zbog upoznavanja odnosa između naselja i vanjske sredine, a za upotpunjenje tih spoznaja izučava se također kvantitativna proizvodnja okolne vode (kvantitativna istraživanja planktona i bentosa). O d r e đ i v a n j e s t a r o s t i i odnosa njezina prema dužini može dati vrlo vrijedna obavještenja o prilikama i promjenama u naselju zbog lovljenja ili drugog uništavanja. Poznavanje r a s n i h o b i l j e ž j a prijeko je potrebno za izučavanje rasprostranjenosti, gustoće i pomicanja (putovanja) naselja na području i izvan područja mriješćenja.

Kako se iz svega vidi, snimanje ribljih naselja jedna je od najvažnijih zadaća ribarstvene biologije, koja omogućava rješavanje čitavog kompleksa najvažnijih ribarstveno biologijskih pitanja. Analize lovnih uzoraka čine osnovu svih istraživanja, koja se odnose na život i promjene ribljih naselja. Samo one omogućuju pogled u strukturu naselja, kao i zaključke s obzirom na dva najvažnija problema praktičnog ribarstva: problem prelova i problem fluktuacija.

P o k u s i m a r k i r a n j e m vrše se tako, da se žive ribe, pošto su na njima uzeti potrebni podaci (dužina, težina, spol i t. d.), ponovo puštaju u more opremljene značkama, koje ću dati obavještenja o njihovu porijeklu (sl. 174). Tako markirane i ponovo ulovljene ribe mogu dati odgovor o opsegu njihova putovanja, o brzini rastenja i o intenzitetu lovljenja.

Markiranjem je na pr. ustanovljeno, da se isto naselje bakalara, koje ljeti dolazi sve do Barencova mora, u proljeće vraća zbog mriješćenja do Lofotskih otoka. Na sličan način markiranjem su se mogla ustanoviti putovanja tunja u Mediteranu i izvan njega (str. 117). Da se ustanovi brzina rastenja, riba se mjeri i važe prije markiranja i pošto se ponovo ulovi. — Činjenica, da je na pr. ponovno ulovljeno



Sl. 174. Markirana srdjela i do nje markice. (Prema markiranjima, koja je izvršio Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu).

preko 50% od markiranih i ponovo raspršenih iveraka, kako je to bilo ustanovljeno za neka područja Sjevernoga mora, upućuje na zaključak, da je u to vrijeme lovom iscrpeno preko 50% naselja, pod pretpostavkom, da su markirane ribe bile jednoliko raspodijeljene u naselju i da je izvršen veliki niz pokusa.

Znatan je nedostatak metode markiranja u tome, što se ona dosada nije sa potpunim uspjehom mogla primijeniti kod nekih osjetljivih riba, na pr. kod klupeida.

S t a t i s t i k a lova može biti znatno pomagalo ribarstvene biologije, jer daje direktna obavještenja o iznosu ribolova, a time indirektno o sastavu i stanju ribljih naselja. Preduvjet je svakako, da su statistički podaci pouzdani i pravilno upotrebljeni i da se uvaže i sva potrebna ograničenja (rezerve).

L i t e r a t u r a:

BÜCKMANN A. (1929), Die Methodik fischereibiologischer Untersuchungen an Meeresfischen. Abderhalten, Handbuch, Abteil. IX, T. 6.

Okvir ribarstveno biologijskog istraživanja

Riblja naselja, koja izučava ribarstvena biologija, ne žive odvojeno i nezavisno od ostale nežive i žive sredine. Ona su samo dijelovi biocenoza, koje su opet tek sastavne česti morskog prostora ili velike životne zajednice mora. Između vanjskih uvjeta sredine s jedne strane i ribljih naselja s druge strane postoje tijesni odnosi zavisnosti odnosno lanci zbivanja, koji jedni o drugima zavise. Ti lanci su brojni, isprepleteni i zamršeni i svi skupa čine jedinstvo morskog života. Izvan tih lanaca i jedinstva nema ribljih naselja, a ne može ih ni biti. Oni određuju sva zbivanja u ribljim naseljima i neodoljivo upravljaju njihovom sudbinom. Budući da su riblja naselja samo dijelovi velike i jedinstvene životne zajednice mora, ribarstvena biologija može biti samo ogranak na velikom stablu oceanografijske nauke, pa stoga uspješno rješavanje ribarstveno biologijskih problema zavisi u prvome redu od širine, pravilnog postavljanja i uspješnog rješavanja općih biologijskih i oceanografijskih problema morskoga prostora.

Spoznaja o tijesnoj povezanosti odnosa između ribljih naselja i njihove sredine i o povezanosti svih zbivanja u moru novijeg je datuma. Stoga je razumljivo, da se prije češće pristupalo rješavanju praktičnih ribarstveno-biologijskih problema što neposrednije, ne obazirući se na druga, hidrografijska i biologijska zbivanja, za koja se katkada naoko čini, kao da su bez značenja za sudbinu ribljih naselja. Ovakvi nedostaci u shvaćanju i obrađivanju biologije ribarstva bili su jedan od uzroka, što njezin rad često nije donio rezultata, koji bi bili ekvivalentni uloženim sredstvima i naporima.

U posljednje vrijeme pazi se više na tijesnu povezanost ribarstveno biologijskih problema s ostalim pitanjima morskog biotopa. No poteškoće ribarstvene biologije, kao i uopće obuhvatnog istraživanja mora, goleme su, jer su lanci zavisnosti između neživih i živih faktora sredine s jedne i ribljih naselja s druge strane tako mnogobrojni i zamršeni, da je vrlo teško, katkada gotovo nemoguće, ući svima u trag i naći one, koji su od životne važnosti za sudbinu naselja. K ovome pridolazi poteškoća, što je more veliko, gotovo neograničeno, i većinom nepristupačno direktnim opažanjima, a pristupačno samo zaobilaznim metodama, koje traže naročito spremnih radnika i znatnih materijalnih sredstava i vremena. »More je veliko i njemu se ne može pristupiti malim sredstvima« (H e i n c k e). Posljedica je toga, da su praktični odgovori biologije ribarstva spori, često nepotpuni i nedovoljni. Zbog navedenih poteškoća ribarstvena biologija u nekim slučajevima nije kadra da dade siguran savjet praktičnom ribarstvu ni nakon postignutih teoretskih spoznaja. Tako je na pr. u konkretnim slučajevima često teško odlučiti, da li znatnije uništavanje (t. j. lov) mladih riba uopće nanosi štetu veličini (biomasi) ribljeg naselja i prema tome, da li je korisno ili štetno uvađanje zaštitnih mjera (ograničavanje lovnih sredstva, položaja i vremena lovljenja). Ali iako ribarstvena biologija dolazi do rezultata uz cijenu znatnih sredstava, a njezini su odgovori na praktična pitanja spori i nepotpuni, ona je ipak, u zajednici s čitavom oceanografijskom naukom, postigla uspjehe, koji opravdavaju nastavljanje i produbljivanje njenih napora.

L i t e r a t u r a :

BIGELOW H. (1931), Oceanography. Boston and New York.

Znatniji ribarstveno biologijski problemi Jadrana

Iako su zaslugama domaćih i stranih naučnih radnika ribe Jadranskoga mora u morfologijsko-sistematskom pogledu prilično dobro poznate, njihova je biologija, a napose ekologija, ostala do danas tek fragmentarno istražena. Napose pak ekologija jadranskih ribljih naselja kao viših biocenotskih jedinica slabo je poznata. Malo što znamo o tome, kako su rasprostranjena i koja je gustoća pojedinih naselja na raznim položajima Jadrana, kakova su njihova naravna kolebanja i koji faktori njima upravljaju, kakva su njihova pomicanja u jadranskim vodama i kolik utjecaj vrši na njih djelo čovjeka. Posljedica je slabog poznavanja ribljih naselja u Jadranu neprimjernost, barem od česti, za lov upotrebljavanog alata, dosada nedovoljno i neracionalno iskorišćivanje naselja, inadekvatnost i zaostalost dosadašnjeg ribarskog zakonodavstva na Jadranu. Stoga je potrebno, da se što prije prouči i upozna život i sudbina jadranskih ribljih naselja i da se uporedo s tim kontrolira utjecaj čovjeka na njih.

Od naselja, koja zaslužuju veću pažnju, neka su bentoska, a druga nektonska. Prva su brojnija, ali nijedno od njih po svojoj veličini nema ni izdaleka onog značenja, koje ima na pr. iverak ili neke druge ribe plosnatice u sjevernijim morima. Među bentoskim naseljima Jadrana svakako najveću pažnju zaslužuju o s l i ć i g i r i c a. Biologijski problemi ovih dviju naših važnih riba istom su načeti, i na njima radi Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu. Za racionalnije iskorišćivanje naselja tih riba potrebno je naći granice njihove rasprostranjenosti, ustanoviti putove njihovih pomicanja (»lutanja«) i njihove uzroke, naći polja mriješćenja, položaje povlačenja u vrijeme nemrijesne periode, pronaći nadalje faktore, koji utječu na kolebanje njihovih biomasa, i ustanoviti, da li je tome uzrok nedostatak podmlatka, možda zbog prejakog uništavanja sta-

rijih ili neracionalnog lova mladih jedinki neprimjerenim alatom, ili oskudica hrane i konkurencija, a konačno treba ustanoviti utjecaj pojedinih vrsta mreža na ova naselja. — Od mnogo većeg značenja za ribolov Jadrana, a naročito naše države, mogu biti, — a već su i danas — pelagijska naselja t. zv. »plave« ili »ljetne« ribe, na prvome mjestu **srdjela, skuša i tunja**. Ribolov tih riba do danas je uglavnom povremen, sezonski i nedovoljan, a to stoga, jer nam život i sudbina njihovih naselja nisu poznati, a nisu nam poznati ni uzroci i faktori, koji njima upravljaju. Tako ni danas nismo još sasvim načisto, da li jadranska srdjela tvori samo jedno naselje, kako se to čini, ili više njih, i da li je njezino naselje u Jadranu sasvim samostalno i nezavisno od srodnih naselja u Mediteranu; nadalje, koji faktori upravljaju njegovim fluktuacijama i kakva je njihova periodičnost, gdje su područja mriješćenja i zimskog boravka, koji utjecaj vrše na njih struje i možda meteorologijski faktori, tako naročito vjetar (Gast). Neki od tih problema istom su u posljednje vrijeme uzeti u razmatranje (istraživanja Instituta za Oceanografiju i ribarstvo u Splitu). Analogni problemi javljaju se kod jadranske **skuše i tunja**. Iako su i skuša (Lissner) i tunj (Sella) bili u posljednje vrijeme predmetom znatnih i uspješnih izučavanja, preostaje mnogo toga da se prouči, naročito s obzirom na njihova putovanja i zimski boravak. Mnogi podaci upućuju, da skuša u sjevernom Jadranu zimuje na morskom dnu, gdje se po zimi lovi povlačnom mrežom. S obzirom na tunja, Gast smatra vjerojatnim, da on zimuje u kotlini Jabuke.

I naselja drugih ljetnih riba (brgljuna, srdjelice, plavice i polande) gotovo su sasvim neistražena, i njihovo poznavanje moglo bi biti od znatnog značenja za povećanje ribolova.

Među praktične probleme ribarstvene biologije u Jadranu ide i određivanje mogućnosti što uspješnijeg vještačkog uzgoja nekih hranjivih (ribe, školjke, raci) i inače vrijednih (spužve) morskih životinja, koji je u Jadranu moguć, a mogao bi biti i izdašan na više točaka naše obale. Stoga se u posljednje vrijeme poslije rata poduzimlju sve opsežnije mjere radi dizanja ovih kultura na racionalnoj i naučnoj osnovi. Narodne vlasti osnovale su u tu svrhu posebnu Ribarstvenu stanicu za uzgoj beskralješnjaka u Stonu.

Literatura:

GAMULIN T. (1940), Opažanja o pojavljivanju ribljih jaja u okolici Splita s osobitim obzirom na jaja srdjele i brgljuna. Godišnj. Oceanograf. instituta Split, II. — IDEM (1948), Quelques observations sur la ponte de la sardine (Clupea pilchardus Walb.) dans la zone insulaire de la Dalmatie moyenne. Acta adriatica, III, 4. — GAST R. (1925), Die Fischereiprobleme der Adria. Glasn. Hrvat. Prir. društva god. 36. — KRISCH A. (1900),Die Fischerei im Adriatischen Meere. Pola. — LORINI P. (1903), Ribe i ribarske sprave, Beč — Naši ribarstveni problemi, izdao Zagrebački Zbor 1935, Zagreb. — ŠOLJAN T. (1936), Ribarstveno-biološki problemi našeg Jadrana. Jadran. straža, XIV, 1936. — ŠOLJAN T. (1948), Ribe Jadrana. Zagreb. — TALER Z. (1932), Vode i ribe Jugoslavije, Zagreb. — ZEI M. (1940), Pregled rezultata dosadašnjeg ribarstveno biološkog ispitivanja oceanografskog instituta u kanalima Hrvatskog primorja. Godišnj. Ocean. instit. Split, II.

OSNOVNA I OPĆA LITERATURA

Babić K. (1911), Pogledi na biologične i bionomične odnose u Jadranskom moru. Zagreb.
Bigelov H. (1931), Oceanography, Boston a. New-York.
Coker R. E. (1947), This great and wide sea. Oxford.
Defant A. (1929), Dynamische Ozeanographie, Berlin.
Demel K. (1947), Życie morza. Gdańsk.
Dogelj V. A. (1948), Zoologija beskičmenjaka. Beograd.
Đorđević Ž. (1923—1927), Zoologija I, II. Zagreb-Beograd.
Ekman Sv. (1935), Tiergeographie des Meeres. Leipzig.
Flattely F. W. and Walton C. L. (1922), Biology of sea-shore. London.
Gessner F. (1940), Meer und Strand. Leipzig.
Harvey H. W. (1928), Biological chemistry and physics of sea water. Cambridge.
Harvey H. W. (1945), Recent advances in the Chemistry and Biology of sea water. Cambridge.
Hentschel E. (1932), Die biologischen Methoden und das biologische Beobachtungsmaterial der Meteor-Expedition 1925—27, Bd. X.
Hesse R. (1924), Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Jena.
Issel R. (1918), Biologia marina. Milano.
Johnstone J., Scott A. and Chadwick H. (1924), The marine Plankton. London.
Joubin L. (1912), La vie dans les oceans. Paris.
Krčmar J. (1926), Jadransko more. Dubrovnik.
Knipović N. M. (1938), Gidrobiologija morej i solonovatyh vod. Moskva—Leningrad.
Krümmel O. (1911), Handbuch der Ozeanographie. Stuttgart.
Kyle H. M. (1926), Biology of Fishes.
Lorenz J. R. (1863), Physikalische Verhältnisse und Verteilung der Organismen im Quarnerischen Golfe. Wien.
Mardešić P. i Riboli A. (1940), Okeanografija. Zemun.
Murray J. and Hjort J. (1912), The depths of the Ocean. London.
Oltmanns Fr. (1923), Morphologie und Biologie der Algen. Bd 1, 2, 3.
Portier P. (1938), Physiologie des animaux marins. Paris.
Russel F. S. (1935), A review of some aspects of zooplankton research. Rapp. et Proc. verb. Copenhague, vol. 101.
Stanković S. (1933), Okvir života. Izdanje Nolit. Beograd.
Steuer A. (1910), Planktonkunde. Leipzig und Berlin.
Sverdrup H. U., Johnson M. W. and Fleming R. H. (1942). The Oceans. Newyork.
Zenkevič L. A. (1946), Fauna morja (u: Bobrinskij-Zenkevič-Birštejn: Geografija životnyh. Moskva).
ZoBell C. E. (1946), Marine Mikrobiology. Waltham, Mass. S. A. D.

RIJEČNIK STRUČNOG NAZIVLJA

A b i o t s k i — koji ne pripada živoj prirodi.

A b i s a l ili a b i s a l n a r e g i j a — zajednica živih bića u moru između 800—1000 m dubine i morskoga dna.

A b i s a l n o d n o — dno prosječno ispod 6000 m dubine.

A c e l n i t u r b e l a r i j i (*Acoela*) — mali turbelariji bez pravog ždrijela i crijeva.

A d i a b a t s k i p o r a s t t e m p e r a t u r e — lagani porast temperature pri samom morskom dnu.

A e r o b i o n t i — živa bića, koja vrše životne funkcije samo u prisustvu kisika.

A e r o b n e b a k t e r i j e — bakterije aerobionti.

A f o t i č k a z o n a (s t e p e n i c a) — slojevi morske vode ispod 200—400 m dubine, koji radi slabog osvjetljenja ne sadržavaju autotrofnih biljaka.

A g a r — preparat iz membranskih sluzi nekih crvenih alga.

A k a l e f e, vidi skifomeduze.

A k a n t o c e f a l i (*Acanthocephala*) — niži i parasitski crvi valjkasta tijela, koje sprijeda ima istežljivu rilicu.

A k r a n i j i (*Acrania*) mali (5—6 cm dugi) riboliki i primitivno građeni hordoniji bez prave glave. Rod *Branchiostoma* (*Amphioxus*, sl. 35).

A k t i n i j e, vidi moruzge.

A l c i o n a r i j e (*Alcyonaria*) — zadružni, drvoliko razgranjeni, koraljni polipi bez osovinskog skeleta. Polipi s osam perastih lovaka. Rodovi *Cornularia, Tubipora, Alcyonium* i drugi.

A l c i o p i d i (*Alciopidae*) — planktonski poliheti s prozirnim tijelom kao staklo i s jako razvijenim očima. Rod *Alciope*.

A l e p o c e f a l i d e (*Alepocephalidae*) — porodica riba koštunjača iz dubokog pelagijala.

A l g e (*algae*) — steljnjače, koje u svojim stanicama sadržavaju otopljenih asimilacijskih boja, pomoću kojih asimiliraju ugljični dioksid.

A l g i n a t i — soli alginske kiseline($C_6H_4O_6$).

A l k a l i n i t e t — onaj dio jakih baza, naročito kalcija, koji je vezan uz ugljičnu (= karbonatni) i uz bornu (= borni alkal.) kiselinu.

A m a n o r i — proizvod od nekih alga, koji ljudi na Dalekom istoku (naročito u Japanu) upotrebljavaju za hranu.

A m e r i j i — metazoi s jednostavnim, primarno nečlankovitim (nesegmentiranim) tijelom. Obuhvaćaju amerne crve, knidarije, ktenofore i mekušce.

A m e r n i c r v i — niži crvi, koji ne kazuju člankovitu (metamernu) građu tijela. Amo idu spljošteni plathelminti (turbelariji, trematodi i cestodi), valjkasti ashelminti (rotatoriji, gastrotrihi, kinorinhi, nematodi, nematomorfi i akantocefali), sesilni kamptozoi i vrpčasti nemertini.

A m f i b i j s k i o r g a n i z m i — živa bića, koja provode život dijelom u vodi, a dijelom izvan vode.

A m f i k t e n i d i *(Amphictenidae)* — porodica polihetnih crva, u kojih je tijelo podijeljeno u malo segmenata i žive u cijevima iz pješčanih zrnaca. Rod *Pectinaria.*

A m f i n e u r i *(Amphineura)* — razred mekušaca najprimitivnije građe. Obuhvaćaju plakofore i aplakofore ili solenogastre.

A m f i p o d i *(Amphipoda)* — mali (obično do 2 cm dugi) i sa strana spljošteni raci bez oklopa. Od 8 prsnih segmenata prvi je srastao s glavom, dok su ostali slobodni i nose po jedan par jednostavnih, račvasto nepodijeljenih nogu. Mnogobrojni rodovi, među njima *Gammarus, Phronima* (sl. 47), *Caprella* i *Corophium.*

A m o n i j a k — spoj dušika (azota) i vodika, NH_3.

A m o n i t i — primitivni i izumrli (fosilni) četveroškržni glavonošci s dobro razvijenom spoljašnjom ljušturom, koja je, kao kod današnje jedrilice *(Nautilus),* pregrađena na više komorica.

A n a d r o m n e r i b e — ribe, koje provode život u moru, a zbog mriješćenja prilaze k obalama ili zalaze u slatku vodu.

A n a e r o b n e b a k t e r i j e — bakterije, koje vrše životne funkcije u odsustvu kisika.

A n e l i d i (p r s t e n a s t i c r v i, *Annelida*) — viši crvi, koji obično kazuju prstenastu (metamernu) građu tijela. Obuhvaćaju dva razreda: hetopode i sipunkuloide.

A n g v i l i d e *(Anguillidae)* — porodica riba koštunjača, koje imaju dugo i obično golo (bez ljusaka) tijelo. Rodovi *Anguilla* (jegulja), *Conger* (ugor) i *Muraena* (murina).

A n i o n i — električki negativno nabiti ioni.

A n o t e r m i j a — pojava, da se topliji slojevi vode nalaze iznad hladnijih.

A n t i p a t a r i j e *(Antipatharia)* — zadružni antozoi s rožanim osovinskim skeletom i mekanom korom, u kojoj su smješteni bilateralno građeni polipi. Rod *Antipathes.*

A n t o p o l i p i — koraljni polipi.

A n t o z o i *(Anthozoa)* — knidariji sa samom polipnom generacijom, s ektodermalnim ždrijelom i s crijevnom dupljom, koja je na periferiji nepotpuno podijeljena spomoću pregradnih nabora u više komorica.

A p e n d i k u l a r i j e *(Appendicularia)* — sitni planktonski plaštaši s repićem za plivanje i s hordom (chorda dorsalis), koja ostaje za cijelog života. Rod *Oikopleura* (sl. 120).

A p l a k o f o r i *(Aplacophora,* solenogastri) — amfineuri crvolika tijela. Rod *Neomenia.*

A r e n a c e j s k i t i p cijevi — cijevi ili ljušturice izgrađene iz finog pijeska ili drugih vapnenačkih čestica.

A r h i a n e l i d i *(Archiannelida)* — anelidi jednostavnije građe, sa zakržljalim parapodijima ili bez njih i s trepljama na trbušnoj strani tijela (osim *Polygordiusa).* Rodovi *Polygordius* i *Protodrilus.*

A r h i b e n t a l — zajednica bentoskih organizama u moru između 200—400 i 800—1000 m dubine.

A r h i t e u t i d i *(Architeuthidae)* — porodica dvoškržnih glavonožaca s osam kraćih i dva dulja kraka. Atlantski rod *Histioteuthis* sadržava najveće živuće glavonošce.

A r k t i č k a r e g i j a — biogeografijska regija, koja obuhvaća područje na sjever od crte južni rt Grenlanda—Nordkap (u Norveškoj).

A r k t i č k o-b o r e a l n i e l e m e n t i — biljne i životinjske vrste rasprostranjene i u arktičkoj i u borealnoj regiji.

A s c i d i j e *(Tethyoidea)* — razred plaštaša s vrećastim tijelom, koje je pričvršćeno na podlozi (osim planktonskih pirosoma).

A s h e l m i n t i *(Aschelminthes)* — niži crvi valjkasta oblika sa čmarom na kraju tijela. Obuhvaćaju rotatorije, gastrotrihe, kinorinhe, nematode i akantocefale.

A s i m i l a c i j s k e b o j e (ili p i g m e n t i) — boje, koje su otopljene u biljnim hloroplastima i sudjeluju u asimilaciji ugljičnog dioksida.

A s t e r o i d i, vidi morske zvijezde.

A t l a n t i d a — kopno, koje se — prema mišljenju nekih geologa — nekoć prostiralo na području današnjeg Sargaskog mora, između Evrope i sjeverne Amerike, te je u miocenu počelo tonuti i sasvim nestalo.

A u t a r k t i č n a b i o c e n o z a — zajednica živih bića, koja u sebi sadrži sve elemente samostalnog gazdinstva i održava se sama od sebe.

A u t o t r o f n a b i ć a — živa bića, koja asimiliraju ugljični dioksid i u svojoj ishrani ne zavise od drugih.

B a c i l a r i j e *(Bacillariaceae)*, vidi dijatomeje.
B a k t e r i j e *(Bacteriaceae)* — jednostanične biljke bez asimilacijskih boja i stoga obično s heterotrofnim načinom života.
B a l a n i d i — ciripediji prednjim krajem tijela pričvršćeni na podlozi, bez drška, s ljušturicom iz više vapnenačkih pločica, koje su među sobom sklopljene u obliku vijenca. Naročito rasprostranjeni rodovi *Balanus* i *Chtamalus*.
B a l e n i d i *(Balaenidae)* — porodica pločanih (usatih) kitova s glatkom kožom na prsima. Rod *Balaena*.
B a l e n o p t e r i d i *(Balaenopteridae)* — porodica pločanih kitova s uzdužnim kožnim borama u području grla i prsiju. Rod *Balaenoptera* (*B. musculus*, modri kit, sl. 65).
B a t i b e n t a l — zajednica bentoskih organizama, koji dolaze između 200—400 m dubine i morskoga dna.
B a t i p e l a g i j a l — zajednica pelagijskih životinja između 200—400 m dubine i morskoga dna.
B e n t a l (b e n t o s) — zajednica živih bića, koja dolaze na ili u morskome dnu ili su barem od njega zavisna u svome životu (radi potreba hrane, umnažanja itd.).
B e r o i d e — ktenofore izduženo jajasta tijela, s vrlo širokim ustima i bez lovaka. Rod *Beroe* (sl. 59, 1).
B i č a r i (f l a g e l a t i, *Flagellata*) — jednostanične biljke ili životinje s jednim ili više bičeva na tijelu.
B i o c e n o t i k a — nauka, koja se bavi biocenozama.
B i o c e n o z a — zajednica živih bića, koja pokazuje približno stalan florističko-faunistički sastav i dolazi pod više ili manje stalnim uvjetima sredine.
B i o g e o g r a f i j a — nauka, koja se bavi geografskom rasprostranjenošću živih bića.
B i o g e o g r a f s k e r e g i j e — geografska područja, koja su radi posebnih ekologijskih, historijskih i topografijskih uvjeta obilježena posebnim vrstama, rodovima i višim sistematskim jedinicama, koje dolaze samo na tom području.
B i o l u m i n i s c e n c i j a — pojava svijetljenja živih bića.
B i o m a s a — količina ili masa organske materije, koja dolazi u tijelu jednog ili više živih bića.
B i p o l a r n i o r g a n i z m i — živa bića, koja dolaze u visokim sjevernim i u visokim južnim širinama, a ne javljaju se u površinskom sloju vode nižih, intermedijarnih, širina.
B i v a l v i *(Bivalvia)*, vidi školjke.
B l e n i d i *(Blennidae)* — ribe koštunjače s nešto izduženim tijelom, koje je pokriveno malim ljuskicama. Rod *Blennius* (babica).

B o d l j a r i (e h i n o d e r m i, *Echinodermata*) — isključivo morski metazoi radijalne, rjeđe bilateralne građe s vapnenačkim potkožnim skeletom i s ambulakralnim nožicama, koje služe za pokretanje.
B o r e a l n a (e v r o p s k a b.) r e g i j a — biogeografijska regija, koja seže od Kanala i južnih obala Sjevernoga mora pa na sjeveroistok do Nordkapa, a na zapad do istočnih i južnih obala Islanda.
B o r e a l n i e l e m e n t i — vrste živih bića, koje su svojstvene za borealnu regiju.
B r a h i o p o d i *(Brachiopoda)* — malobrojni, isključivo morski, školjkoliki i na osnovi pričvršćeni (sesilni) tentakulati. Tijelo im je zaštićeno s leđne i trbušne strane dvokrilnim plaštem i dvokrilnom hitinoznovapnenačkom ljusturom i ima s obje strane usta po jednu spiralno savitljivu ručicu, koje nose po dva reda trepljastih tentakula (lovki).
B r a h i u r n i r a c i — dekapodi (raci deseteronošci) sa zakržljalim zatkom u obliku pločice, koja je savijena naprijed ispod samara (cephalothorax).
B r i o z o i *(Briozoa)* — malene, na osnovi pričvršćene, zadružne i većinom morske životinje s tentakulima oko usta, koji su raspoređeni u obliku vjenčića ili potkovice, i zaštićene su spolja hitinskim ili vapnenačkim cjevčicama, u koje se mogu sasvim uvući.
B r i s i n g i d a e — morske zvijezde s malom pločom i s brojnim dugim ručicama. Rod *Brisinga*.

C a p i t e l l i d a e — porodica polihetnih crva, koji žive u cijevima. Rod *Capitella*.
C e f a l o p o d i *(Cephalopoda)*, vidi glavonošci.
C e n t r i c a e — većinom planktonske dijatomeje s okruglastim i radijalno simetričnim čahuricama.
C e r i t h i i d a e — mali prosobranhijski puževi s izduženo čunjastom kućicom. Rod *Cerithium*.
C e s t o d i *(Cestodes)*, vidi trakavice.
C h a e t o g n a t h a, vidi hetognati.
C h l o r o p h y c e a e, vidi zelene alge.
C i d a r i d a e — ježinci zrakasto simetrične građe i s jakim bodljama na čahuri.
C i k l o s t o m i *(Cyclostomata)*, vidi kružnouste.
C i l i j a t i *(Ciliata)* — praživotinje, koje su djelomično ili sasvim pokrivene trepljama i u svom jednostaničnom tijelu sadržavaju dvije jezgre.
C i r i p e d i j i *(Cirripedia)* — sesilni morski raci vitičnjaci, koji su pričvršćeni uz podlogu spomoću mesnato drška li neposredno

prednjim krajem tijela, zaštićeni su ljušturicom, koja je složena iz više pločica i imaju najčešće šest pari vitičastih nožica, koje im služe za vitlanje vode.

C i r k u m t r o p s k a r e g i j a — biogeografijska regija, koja se proteže s obe strane ekvatora do približno 30° sjeverne i 27° južne širine.

C i s t o f l a g e l a t i *(Cystoflagellata)* — relativno veliki (do 1.5 mm) morski bičari galertasta tijela i heterotrofnog načina života. Rodovi *Noctiluca* (sl. 46) i *Leptodiscus.*

C j e v a š i — životinje, koje izgrađuju cijevi, u kojima obično žive.

C l u p e i d a e — ribe koštunjače, kod kojih je tijelo sa strana nešto spljošteno i pokriveno je, osim glave, velikim i tankim ljuskama, koje lako otpadaju. Rodovi *Clupea* i *Engraulis.*

C o e l e n t e r a t a (c e l e n t e r a t i) — ime, kojim zoolozi obuhvaćaju zajedno četiri različna životinjska tipa, naime: planuloide, spužve, knidarije i ktenofore.

C o p e l a t a (k o p e l a t i), vidi apendikularije.

C r v e n a i l o v a č a — naročita vrsta crvenkastog ili smeđastog mulja, koji pokriva oko 45% morskog dna najvećih dubina, koji je po svom kemijskom sastavu pretežno aluminijev silikat, a po svom porijeklu vjerojatno prastari autohtoni sastavni dio prvotnog morskog dna.

C r v e n e a l g e *(Rhodophyceae)* — morske (osim malo izuzetaka) alge više ili manje crvene boje. Ta potječe od naročitih proteidnih pigmenata fikoeritrina i fikocijana.

C y a n o p h y c e a e (cijanoficeje), vidi modrozelene alge.

Č e t v e r o š k r ž n i g l a v o n o š c i *(Tetrabranchiata)* — primitivni glavonošci s četiri škrge, sa žljebastim lijevkom i s dobro razvijenom spoljašnjom ljušturom. Rod *Nautilus* i izumrli amoniti.

Č l a n k o n o š c i *(Arthropoda,* artropodi) — metazoi, u kojih se tijelo sastoji iz većeg broja nejednolikih segmenata, koji su raspoređeni u tri dijela: glava, trup i zadak (trbuh) i koji nose obično člankovite i pokretno zglobljene udove.

D e k a p o d n i r a c i *(Decapoda,* deseteronošci) — raci, kod kojih su svi prsni segmenti spojeni s glavom u samar (cephalothorax) i koji na prsima imaju pet pari pravih nogu, od kojih su prednje oboružane škarama.

D e n i t r i f i k a c i j a — proces, koji se vrši djelovanjem denitrifikacijskih bakterija i u kojemu se nitrati reduciraju do nitrita, amonijaka i konačno do elementarnog dušika.

D e t r i t u s — organska tvar u obliku prašine, koja nastaje rastvaranjem leševa.

D i j a f a n i t e t a — stepen prozirnosti vode.

D i j a t o m e j e — jednostanične alge sa žutosmeđim hloroplastima i kremenim ljušturicama (sl. 32).

D i j a t o m e j s k i m u l j — mulj, koji se uglavnom sastoji iz dijatomejskih ljušturica.

D i n o f i c e j e *(Dinophyceae)* — jednostanične i pretežno morske alge iz grupe bičara *(Flagellatae)* sa smeđim hloroplastima, sa uzdužnom i poprečnom brazdom na tijelu i u najviše slučajeva s celuloznom ljušturicom oko tijela (sl. 31).

D i n o f l a g e l a t e *(Dinoflagellatae),* — vidi Dinoficeje.

D i s f o t i č k a r e g i j a (s t e p e n i c a) — slojevi mora, u kojima radi slabog osvjetljenja uspijeva još samo manji broj planktonskih alga, a seže od 30—80 do 200 (C h u n) ili 500 (L o B i a n c o) metara dubine.

D i s o c i j a c i j a — cijepanje molekula u električki pozitivno nabite katione i negativno nabite anione.

D o l i i d a e — prosobranhijski puževi s velikom trbušastom ljušturom, kod kojih sekret pljuvačnih žlijezda sadržava slobodne sumporne kiseline. Mediteranski rod *Dolium.*

D o l i o l i d a e — kao staklo prozirni planktonski plaštaši s usnim i izmetnim otvorom na suprotnim krajevima bačvastog tijela.

D r i f t o v i — struje manje stalnog i pravilnog smjera, manje brzine i s manje jasnim granicama.

D u b i n a t r e n j a — dubina, u kojoj se gibanje površinske struje više ne osjeća.

D u p l j a r i, vidi *Coelenterata.*

D v o š k r ž n i g l a v o n o š c i *(Dibranchiata)* — glavonošci s dvije škrge, s cjevastim lijevkom i zakržljalom ljušturom. Rodovi *Sepia, Octopus, Argonauta.*

E c t o c a r p a l e s — red smeđih alga, koje dolaze obično u obliku nježnih žbunova i kistova. Glavni predstavnik rod *Ectocarpus.*

E g o p s i d i *(Aegopsida)* — dvoškržni dekapodni glavonošci sa širokim otvorom na rožnici.

E h i n o d e r m i *(Echinodermata),* vidi bodljari.

E h i u r o i d i *(Echiuroidea)* — morski hetopodi (crvi četinjaši) valjkasta i nečlankovita tijela, koje je sprijeda produženo u obliku rilice. Rodovi *Echiurus, Thalassema* i *Bonellia.*

E k o l o g i j s k a s t a b i l n o s t — postojana jednolikost fizičkih i kemijskih uvjeta sredine.

E k o l o g i j s k a v a l e n c a — granice ili amplituda kolebanja nekog fizičkog ili kemijskog faktora sredine, koje neko živo biće podnosi.

E k s t r a c e l u l a r n a p r o b a v a — probava, koja se vrši izvan samih stanica u probavnoj duplji.

E k s t r a c e l u l a r n o s v i j e t l j e n j e — pojava bioluminiscencije, pri kojoj neke stanice izlučuju iz sebe sekrete, koji svijetle.
E k t o p r o k t i *(Ectoprocta)* — drugo ime za briozoe.
E l a s i p o d i *(Elasipoda)* — većinom dubinski trpovi, koji imaju ambulakralne nožice samo s trbušne strane, a leđna im je pokrivena čunjasto trnolikim nastavcima. Rod *Deima* (sl. 157).
E l e k t r o l i t i — kiseline, baze i soli, koje se pomoću električne struje rastavljaju u električki pozitivno nabite katione i negativno nabite anione. Sam pojav rastavljanja zove se elektroliza.
E l i t o r a l — najdonja stepenica litorala, u kojoj od bilja dolaze uglavnom još samo niže alge, i pruža se od 30—120 m dubine do donje granice produktivne zone, t. j. do 200—400 m dubine.
E n d e m s k i e l e m e n t i — biljke ili životinje, koje su značajne za neko geografsko područje i samo u njemu dolaze.
E n d o b i o n t i — organizmi, koji žive u drvu, kamenu ili u morskom dnu.
E n d o b i o z e — naselja endobionata.
E n d o l i t i — alge, koje žive u kamenu.
E n d o l i t i o n — naselje živih bića, koje dolazi u hridinastoj osnovi (R e m a n e).
E n d o p e l o s — naselje životinja, koje dolaze u mulju (R e m a n e).
E n d o p s a m o n — naselje životinja, koje grade u pijesku prostorije, na pr. cijevi, za stanovanje (R e m a n e).
E n t e r o p n e u s t i *(Enteropneusta)* — morski metazoi bilateralne građe s preoralnim (koji se nalazi ispred ustiju) odreskom tijela, koji je nalik na žir ili kotur. Obuhvaćaju dva razreda: helmintomorfe i pterobranhije.
E n t o p r o k t i *(Entoprocta)* — vidi Kamptozoi.
E p i b i o n t i — živa bića, koja žive na nekoj podlozi.
E p i b i o z a — naselje epibionata.
E p i f i t i — manje biljke, koje žive na većima.
E p i l i t i o n — naselje živih bića, koja dolaze na hridinastoj osnovi (R e m a n e).
E p i p e l a g i j a l — zajednica pelagijskih organizama, koji dolaze u plitkim vodama (otprilike do 200 ili 400 m dubine).
E p i p e l o s — naselje živih bića, koja dolaze na površini muljevita dna (R e m a n e).
E p i p s a m o n — naselje živih bića na površini pjeskovita dna (R e m a n e).
E p i t a l a s a — stupac morske vode iznad termokline.
E r i o n i d i *(Eryonidae)* — dubokomorski dugorepi raci deseteronošci sa spljoštenim tijelom i širokim samarom. Rodovi *Polycheles, Willemoesia* i *Eryon.*
E r i t r o f o r i — hromatofori, koji u sebi sadržavaju crvena pigmentna zrnca.

E r i t r o k r u o r i n i — crveni krvni pigmenti srodni s hemoglobinima, koji dolaze kod kružnousta, nekih nemertina, nekih ascidija i crva *Arenicola.*
E u f a u z i d i *(Euphausiidae)* — mali raci slični dugorepim dekapodima, s tankim oklopom, koji je srastao sa svim prsnim segmentima, s osam pari nožica, koje nose spiralno uvijene i peraste škrge, s očima na pokretnom dršku i često sa svijetlećim organima. Rodovi *Euphausia, Meganyctiphanes, Stylocheiron* i drugi.
E u f o t i č k a s t e p e n i c a — gornji slojevi vode, u kojima bujno raste biljni plankton i koji sežu do 30 (L o B i a n c o) ili 80 (C h u n) m dubine.
E u l i t o r a l — zajednica živih bića, koja dolaze u području plime i oseke i upućena su na pravilnu izmjenu emerzije i imerzije.
E u m e t a z o i — sve višestanične životinje (metazoi) osim spužava.
E u r i b a t n i o r g a n i z m i — živa bića, koja dolaze u raznim dubinskim zonama.
E u r i h a l i n a b i ć a — živa bića, koja podnose bez štetnih posljedica po život znatan razmak kolebanja slanoće i stoga mogu živjeti i u čistoj morskoj i u bočatnoj vodi.
E u r i o s m o t s k a b i ć a — živa bića, koja podnose širi razmak kolebanja molekularne koncentracije (osmotske vrijednosti) vanjske sredine.
E u r i t e r m n a b i ć a — organizmi, koji podnose znatan razmak temperaturnog kolebanja vanjske sredine.

F a g o c i t e — naročite stanice, u kojima se vrši probava.
F a g o c i t o z a — vidi intracelularna probava.
F e o f i c e j e *(Phaeophyceae)*, vidi smeđe alge.
F i k s o s e s i l n i o r g a n i z m i — živa bića pričvršćena na podlozi pomoću korenolikih tvorba ili rizoida.
F i l o p o d i *(Phyllopoda)* — mali, većinom slatkovodni raci najčešće izdužena i jasno člankovita tijela i s četiri ili više pari listoliko spljoštenih i račvastih nogu.
F i t a l — naselje životinja na algama (R e m a n e).
F i t o b e n t a l — zajednica bentoskih biljaka.
F i t o p l a n k t o n — zajednica planktonskih biljaka.
F l a g e l a t i *(Flagellata)*, vidi bičari.
F o r a m i n i f e r e *(Foraminiferae)* — rizopodi s pseudopodijima i najčešće s vapnenačkim ili pješčanim ljušturicama. Predstavnik rod *Globigerina* (sl. 55).
F o r o n i d i *(Phoronidea)* — male morske životinje s crvoliko izduženim i malo člankovitim tijelom, koje je straga kijačasto zade-

bljalo i skriveno je u cjevčicu, koju samo luči i iz koje viri samo prednji kraj (tijela), koji oko ustiju nosi, na potkovičastoj osnovi (lofoforu), vjenčić trepljastih lovaka.

F o t o b a k t e r i j e — bakterije, koje svijetle.

F o t o s i n t e z a — proces asimilacije ugljičnog dioksida, u kojemu se svijetlo upotrebljava kao izvor energije.

F o t o t a k t i č n a g i b a n j a — gibanja izazvana podražajnim djelovanjem svijetla.

F u c a l e s — najviše razvite smeđe alge, kod kojih dolazi samo spolno umnažanje. Rodovi *Fucus, Cystoseira* i *Sargassum.*

F u k o k s a n t i n — karotinoidni asimilacijski pigment, čija je formula $C_{40}H_{54}O_6$ (M o l i s c h) i dolazi kod smeđih alga.

G a d i d i *(Gadidae)* — ekonomski važna porodica riba koštunjača s nešto izduženim tijelom, koje je pokriveno malim i mekim ljuskama. Najvažniji rodovi *Gadus* i *Merluccius.*

G a s t r o p o d i *(Gastropoda),* vidi puževi.

G a s t r o t r i h i *(Gastrotricha)* — većinom mikroskopsko maleni ashelminti crvolika ili izduženo bocolika tijela, koje nosi na trbušnoj strani treplje.

G i g a n t i z a m — pojava, da iste vrste pokazuju veće jedinke u hladnim nego u toplim vodama.

G l a v o n o š c i (C e f a l o p o d i, *Cephalopoda)* — morski mekušci često velikih dimenzija, obično sa zakržljalom ljušturom ili bez nje te s velikom glavom, koja oko usta nosi obično 8 ili 10 dugih ručica s pijavkama.

G l o b i g e r i n s k i m u l j — mulj, koji se sastoji naročito od globigerinskih ljušturica.

G m a z o v i (g u š t e r i, *Reptilia)* — kralješnjaci promjenljive tjelesne topline, s rožanim ljuskama ili s oklopom na tijelu, s dva para udova, koji služe za hodanje, i s plućima, koja obavljaju posao disanja.

G o r g o n a r i j e *(Gorgonaria)* — zadružni koraljni polipi većinom stablasta oblika i s osovinskim skeletom iz rožane ili vapnenačke materije. Skelet je prevučen korom, u kojoj su smješteni mali polipi s osam perastih tentakula. Rodovi *Corallium, Eunicella, Gorgonia* i drugi.

G o r g o n i d e *(Gorgonidae)* — gorgonarije s jednostavnim (nečlanjenim) osovinskim skeletom iz rožane materije. Rod *Gorgonia.*

G y m n o d i n i a l e s — dinoficeje ili dinoflagelate, u kojih je tijelo pokriveno samo plazmatskom kožicom, a ne celuloznom ljušturicom.

H a r a c e j e *(Charales)* — isključivo slatkovodne i najviše organizovane alge sa zelenim hloroplastima.

H e k s a k t i n e l i d n e s p u ž v e *(Hexactinellida)* — spužve većinom čašasta ili cjevasta oblika sa skeletom iz troosnih (triaksonih) kremenih iglica.

H e l m i n t o m o r f i *(Helminthomorpha)* — razred enteropneusta s crvolikim tijelom, koje je podijeljeno u tri dijela: u preoralnu (koja se nalazi ispred usta), žiroliku i mišićavu rilicu, u kratku ogrlicu i izduženi trup. Rodovi *Glandiceps, Balanoglossus, Glossobalanus* (sl. 42).

H e m e r i t r i n i — krvni pigmenti ljubičaste boje, koji dolaze kod sipunkuloida.

H e m i h o r d a t i *(Hemichordata)* — metazoi, koji imaju začetak horde. Amo idu enteropneusti.

H e m i l u m i n i s c e n c i j a — svijetljenje, koje nastaje nekim kemijskim procesom, na pr. oksidacijom neke tvari.

H e m i s e s i l n i (s u b s e s i l n i) o r g a n i z m i — živa bića, koja ostaju neograničeno vrijeme na istome mjestu, a premještaju se samo u slučaju nužde.

H e m o c i j a l n i — krvni pigmenti, koji u molekuli sadržavaju mjesto željeza bakar i u oksidiranom stanju su modri. Dolaze kod dekapodnih rakova, glavonožaca i većine puževa.

H e m o s i n t e z a, vidi kemosinteza.

H e t e r o p o d i *(Heteropoda)* — morski pelagijski puževi iz grupe prosobranhija, u kojih je srednji dio stopala sa strana spljošten i služi kao peraja, a ljuštura im je zakržljala ili je uopće nema. Rodovi *Atlanta, Carinaria* i *Pterotrachea.*

H e t e r o t r o f n a b i ć a — živa bića, koja ne mogu asimilirati ugljični dioksid i u svojoj ishrani su zavisna od drugih živih bića.

H e t o g n a t i *(Chaetognatha)* — morski i redovno planktonski metazoi ribolika i na oba kraja nešto zašiljena tijela, koje je podijeljeno u tri dijela ili regije i opkoljeno je sa strana horizontalnim kožnim rubom, koji služi kao peraja. Rod *Sagitta* (sl. 62).

H e t o p o d i *(Chaetopoda)* — razred anelida obično s izrazitom prstenastom građom tijela i najčešće s četinjama u koži. Obuhvaćaju arhianelide, polihete, oligohete, pijavice i ehiuroide.

H i d r o i d i *(Hydroidea)* — usamljeni hidropolipi i hidromeduze ili zadružni i na osnovi pričvršćeni hidropolipi.

H i d r o m e d u z e — većinom male, usamljene i slobodno plivajuće spolne generacije hidrozoa, najčešće zvonolika oblika, s gastralnim prostorom, koji nije podijeljen u komorice, i s cjelovitim rubom, od kojega ide prema sredini kružna opna ili velum (sl. 48 k).

H i d r o p o l i p i — pretežno zadružni, rjeđe usamljeni polipi hidrozoa s gastralnim prostorom, koji nije podijeljen u komorice,

s čunjasto izdignutim usnim otvorom, oko kojega su smješteni tentakuli, i često s hitinskim ili vapnenačkim zaštitnim čašicama, u koje se polipi mogu uvući.

Hidrozoi *(Hydrozoa)* — knidariji s čunjasto izdignutim ustima, s gastralnim prostorom, koji nije nikako podijeljen pregradnim borama na komorice i s izmjenom dviju generacija: polipne, koja je na osnovi pričvršćena i množi se samo nespolnim putem, i meduzne, koja slobodno pliva, množi se spolnim putem i ima velum za plivanje.

Hiperiidi *(Hyperiidae)* — amfipodi s okruglastom glavom i velikim očima. Rod *Hyperia*.

Hipertonična sredina — sredina veće molekularne koncentracije.

Hipnotoksini — grupa otrova, koji proizvode anestetično stanje i dolaze u knidocistama knidarija.

Hipotalasa — stupac morske vode, koji se nalazi ispod termokline.

Hipotonična sredina — sredina, u kojoj je molekularna koncentracija manja, nego u organizmu, koji u toj sredini živi.

Hironomide *(Chironomidae)* — dvokrilci srodni s komarcima, vitka tijela, uskih krila i vrlo tankih nogu. Rod *Chironomus*.

Hlorinitet — količina hlora ekvivalentna masi halogena (hlora, broma i joda), koji su otopljeni u kilogramu morske vode.

Hloroficeje, vidi zelene alge.

Hlorokruorini — zeleni krvni pigmenti srodni s hemoglobinima. Dolaze kod nekih crva hetopoda.

Holoeurihalini organizmi — živa bića, koja mogu provesti čitav život bilo u morskoj, bilo u slatkoj vodi.

Holoplankton — biljke i životinje, koje sav svoj život provode u planktonu nezavisno od morskoga dna.

Holoturioidi *(Holothurioidea)*, vidi trpovi.

Homohromija — podudaranje boje tijela s bojom podloge (morskoga dna).

Homojosmotska bića — živa bića, kod kojih molekularna koncentracija unutarnje sredine ostaje približno jednaka i nezavisna od molekularne koncentracije vanjske sredine.

Homotermija — pojava jednakih temperatura u cijelom stupcu vode.

Hordoniji *(Chordonia)* — metazoi, koji za cijeloga života ili barem u mladenačkom stadiju imaju hordu *(chorda dorsalis)*. Među hordonije idu plaštaši (tunikati), akraniji i kralješnjaci.

Hrizoficeje *(Chrysophyceae)* — jednostanične i obično vrlo male alge s bičevima i sa zlatnožutim hloroplastima. Obuhvaćaju, pored drugih, kokolitineje i silikoflagelate.

Hromatofori — naročite stanice, koje u sebi sadržavaju pigmentnih zrnaca i uzrok su mijenjanja boja kože kod nekih riba, rakova i glavonožaca.

Humus (morski) — detritus, koji je staložen na morskom dnu, i u njemu se djelovanjem bakterija vrše procesi rastvaranja.

Hydrocharitaceae — porodica slatkovodnih jednosupnica, od kojih u moru živi rod *Halophila*.

Indeks refrakcije — omjer između kuta upadanja i kuta loma zraka svijetla.

Infuzorije *(Infusoria)*, vidi cilijati.

Insekti *(Insecta)*, vidi kukci.

Intracelularna probava (fagocitoza) — probava, koja se vrši u samim stanicama ili fagocitama.

Intracelularno svijetljenje — bioluminiscencija, kod koje svijetleći sekreti ostaju u stanicama, koje ih proizvode.

Ioni — električki pozitivno (kationi) ili negativno (anioni) nabiti atomi.

Ionizacija — cijepanje molekula u ione.

Iridocite — naročite stanice u koži nekih riba s kristalićima gvanina, koji su uzrok srebrnastom sjaju kože.

Izohaline — crte, koje spajaju mjesta jednakih srednjih godišnjih slanoća.

Izopodi *(Isopoda)* — račići široka i dorsoventralno spljoštena tijela sa 7 slobodnih prsnih segmenata, koji nose sedam pari jednokrakih nožica za hodanje, i s kratkim zadkom od 6 uskih segmenata. Mnogi žive kao parasiti na koži i u škržnoj ili usnoj duplji riba i rakova. Rodovi *Idothea, Munna, Munnopsis, Ligia, Limnoria, Anilocra, Serolis* i drugi.

Izoterme — crte, koje spajaju mjesta jednakih srednjih godišnjih temperatura.

Izotermija — pojava jednakih temperatura u cijelom stupcu vode.

Izotoničnost — pojava jednakih molekularnih koncentracija u dvjema sredinama.

Ježinci *(Echinoidea)* — bodljari loptasta, pločasta ili srcolika tijela i radijalne ili bilateralno simetrične građe, s tvrdom čahurom, koja je složena iz nepokretnih vapnenačkih pločica i nosi bodlje (sl. 75).

Kamptozoi *(Kamptozoa)* — morski, s pomoću drška na osnovi pričvršćeni nečlanjeni crvi s čašastim tijelom, koje na slobodnom gornjem) kraju nosi, oko usnog i čmarnog otvora, vijenac tentakula. Rodovi *Pedicellina* (sl. 40) i *Loxosoma*.

K a p r e l i d e *(Caprellidae)* — račići amfipodi neobično izdužena i tanka tijela (sl. 98).

K a r a g e e n (»morska mahovina«) — vrsta droge, koja se dobiva iz nekih crvenih alga (naročito *Chondrus crispus* i *Gigartina mammillosa)*.

K a r d i n a l n e t a č k e ž i v o t a — najniža (ili minimum), najviša (ili maksimum) i najpovoljnija (ili optimum) tačka nekog ekologijskog faktora, kod kojih se neko živo biće još održava na životu.

K a t a d r o m n e s e l i c e — ribe, koje život provode u slatkoj vodi, a radi mriješćenja zalaze u more.

K a t o h a l i n o s t — pojava, da slojevi veće slanoće dolaze ispod slojeva manje slanoće.

K a t o t e r m i j a — pojava, da slojevi viših temperatura dolaze ispod slojeva nižih temperatura.

K e m o s i n t e z a — proces asimilacije ugljičnog dioksida, u kojemu upotrebljena energija potječe od nekog kemijskog procesa, na pr. od oksidacije amonijaka do nitrata.

K i n o r i n h i *(Kinorhyncha)* — morski vrlo sitni ashelminti crvolika oblika s ispruživom rilicom na prednjem i obično s dvije dulje bodlje na stražnjem dijelu tijela. Među drugima rod *Echinoderes* (sl. 39).

K i t o v i *(Cetacea)* — morski sisavci gola, vretenasta i ribolika tijela s potpuno zakržljalim stražnjim udovima, s prednjima, koji su pretvoreni u peraje, i sa horizontalno položenom repnom perajom. Dijele se u kitove pločane *(Mystacoceti)* i zubane *(Odontoceti)*.

K l a d o c e r i *(Cladocera)* — mali račići iz reda filopoda, kod kojih je tijelo sa strana spljošteno, sastoji se od malo segmenata i pokriveno je dvokrilnom ljušturicom. Morski rodovi su *Podon* i *Evadne*.

K n i d a r i j i *(Cnidaria)* — većinom mali i u najviše slučajeva zadružni morski metazoi zrakaste ili bilateralne građe, opremljeni otrovnim knidocistama i u najviše slučajeva s izmjenom dviju generacija, polipne, koja je prirasla uz podlogu i umnaža se samo nespolnim putem, i meduzne, koja slobodno lebdi u planktonu i umnaža se spolnim putem.

K n i d a r i j s k i p o l i p i — polipna generacija knidarija.

K o k o l i t i n e j e *(Coccolithineae,* kokolitoforide) — jednostanične, obične vrlo sićušne i isključivo morske alge s bičevima, sa zlatno žutim hloroplastima i sa ljušturicama, koje su sastavljene od vapnenačkih pločica ili štapića (sl. 30).

K o m a t u l i d i — krinoidi, koji su u mladosti s pomoću drška pričvršćeni na podlozi, dok su u odraslom stadiju bez drška i slobodno pokretni. Rodovi *Antedon* i *Comatula*.

K o m p e n z a c i j s k a d u b i n a (t a č k a) — ravnina, koja označuje donju granicu produktivne zone i u kojoj dnevni iznos asimilacije odgovara iznosu disimilacije (ili potrošnje) kod iste biljke.

K o m p e n z a c i j s k e s t r u j e — strujanja, koja nastaju uslijed nužde, da se strujom odnesena voda nadomjesti susjednom, koja pritječe na njezino mjesto.

K o m p l e m e n t a r n a h r o m a t s k a a d a p t a c i j a — pojava prilagođivanja asimilacijskih boja na komplementarno svijetlo okoline.

K o n j u g a t e *(Coniugatae)* — isključivo slatkovodne jednostanične alge, koje imaju zelene hloroplaste i spolno se umnažaju kopulacijom.

K o n t i n e n t s k a p o d i n a ili š e l f — dio morskoga dna, koji se nastavlja na žal obično laganim padom, seže prosječno do 200 m dubine, i čini se kao podnožje, na kojemu počiva kopno.

K o n t i n e n t s k i s l a z — dio morskog dna, koji se nastavlja na kontinentsku podinu, naglije pada i seže od 200—400 do 2—3 tisuće metara u dubinu.

K o n v e k c i j a — gibanje vodenih čestica u vertikalnom pravcu.

K o n v e r g e n c i j e — morfološke sličnosti, koje nastaju kod raznih životinjskih tipova zbog sličnog načina života.

K o n z u m e n t i (p o t r o š a č i) — organizmi, koji se hrane isključivo organskom materijom.

K o p e p o d i *(Copepoda)* — mali većinom planktonski račići sa šest prsnih segmenata, od kojih je prvi srastao s glavom u samar (cephalothorax), a ostali pet su slobodni i nose pet pari račvastih nožica za veslanje. Mnogobrojni rodovi, kao *Calanus, Oithona* i t. d. (sl. 61).

K o r a l j i, vidi antozoi.

K o r a l j n i g r e b e n i — vapnenačke tvorbe, koje nastaju u plitkim tropskim morima djelovanjem vapnenačkih organizama, u prvome redu madreporarija, biporida, mileporida i vapnenačkih alga.

K o r m o f i t i *(Cormophyta)* — Biljke s korijenom, stablom i lišćem. Kormofiti su mahovine, paprati i cvjetnice.

K o r n j a č e *(Chelonia)* — gmazovi s leđnim i trbušnim štitom iz rožanih ploča, koje kao tvrd oklop obuhvaćaju tijelo.

K o š t u n j a č e — ribe s koštanim skeletom.

K r a l j e š n j a c i *(Vertebrata)* — najviši tip životinja, koje imaju kičmu ili kralježnicu. On obuhvaća kružnouste, ribe, vodozemce, gmazove, ptice i sisavce.

K r e m e n e s p u ž v e — spužve, koje imaju skelet iz kremenih iglica

Krinoidi *(Crinoidea)* — bodljari pričvršćeni na podlozi s pomoću dužeg drška, koji na vrhu nosi malo čašasto tijelo. S gornje strane posred tijela ostaju usta, oko kojih radijarno izlaze dugi krakovi ili ručice. Rod *Pentacrinus.*

Kružnouste *(Cyclostomata)* — najprimitivniji kičmenjaci s valjkastim, ribolikim i golim tijelom, bez parnih prsnih i trbušnih peraja, s hrskavičnim skeletom i s kružnim ustima, koja su prilagođena na prisisavanje.

Ksantofori — hromatofori, koji u sebi sadržavaju žutih pigmentnih zrnaca.

Ktenofore *(Ctenophorae,* rebraši) — morski i planktonski, galertasti i kao staklo prozirni metazoi većinom elipsoidnog oblika i dvosimetrične građe, s osam uzdužno položenih redova trepljavih pločica (»8 rebara«), koje služe za pokretanje, i s dvije duže lovke za lov plijena. Rodovi *Callianira* (sl. 57), *Cestus* (58), *Beroe* (sl. 59) i drugi.

Kukci *(Insecta,* insekti) — obično suhozemni člankonošci, koji dišu trahejama, i u kojih je tijelo raščlanjeno u glavu, prsa i zadak. Prsa se sastoje iz tri segmenta, a nose tri para nogu i najčešće dva para krila, dok se zadak sastoji obično iz većeg broja segmenata i nema nogu.

Kumaceji *(Cumacea)* — raci, kod kojih oklop obuhvaća osim glave samo tri prednja prsna segmenta, dok su ostali prsni segmenti (5) slobodni, a iza njih slijedi dugački i uski zadak.

Labridae — ribe koštunjače obično živih boja s debelim i ispruživim čeljustima. Rodovi *Labrus, Crenilabrus* i drugi.

Laminarije *(Laminariales)* — smeđe alge velikih dimenzija, koje u svom životnom ciklusu kazuju izmjenu dviju generacija: malenog gametofita, koji proizvodi spolne stanice, i velikog sporofita, koji daje spore. Rodovi *Laminaria, Alaria, Lessonia, Macrocystis* i drugi.

Laminarin — vrsta šećera (polisaharid), koji dolazi kod smeđih alga.

Leptocephali — larve jegulja.

Liberosesilne životinje — one, koje nepomično ostaju na istome mjestu bez ikakvih naprava za pričvršćivanje *(Remane).*

Litoral — zajednica bentoskih organizama u području plitkih voda, t. j. od površine do 200—400 m dubine.

Litotamniji — crvene alge, kod kojih je steljka inkrustirana vapnencem i stoga kamene konzistencije.

Litotamnijski vapnenac — vapnenac, koji je porijeklom od litotamnija.

Ljušturno dno — pješčano morsko dno s primjesom dijelova (fragmenata) organogenog porijekla (ljušture i ljušturni ostaci mekušaca i bodljara, inkrustacije vapnenačkih alga i t. d.).

Lophopoda — slatkovodni briozoi s tentakulima, koji su poređani oko usta u obliku potkovice.

Luciferaze — fermenti, koji sudjeluju kod oksidacije luciferina.

Luciferini — tvari, koje se u prisustvu kisika oksidiraju, i pri tome nastaje svijetlo.

Macruridae — dubokomorske ribe s dugim i na kraju zašiljenim repom, a bez repne peraje. Rod *Macrurus.*

Madreporarije *(Madreporaria)* — obično zadružni koraljni polipi s tvrdim vapnenačkim skeletom zrakaste strukture, koji veoma mnogo sudjeluju u izgradnji koraljnih grebena. Rodovi *Porites, Madrepora, Cladocora, Balanophyllia* i mnogi drugi.

Makrofagne životinje — životinje, koje se hrane krupnijim plijenom i obično k njemu pristupaju aktivnim kretnjama.

Makroplankton — planktonske biljke i životinje, koje su dovoljno velike, da ih prepoznajemo već prostim okom.

Maldanidae — crvi poliheti valjkasta tijela, koji žive u dugim pješčanim cijevima. Rodovi *Maldane* i *Owenia.*

Mangrove — tropska biocenoza obalnog mulja, koja dolazi naročito na zaklonjenim mjestima u blizini riječnih ušća.

Manit — poliatomski alkohol, koji dolazi u znatnijim količinama kod mnogih smeđih alga.

Mediteransko-atlantska regija — biogeografska regija, koja obuhvaća Mediteran, istočne dijelove Atlantika uz obale Mauretanije i Maroka, Portugala, Francuske (s otocima ispred tih zemalja) i seže do južnih obala Britanije i Irske.

Meduze — spolni oblici knidarija, koji slobodno žive u vodi (u planktonu).

Mekušci *(Mollusca)* — tip metazoa, kod kojih tijelo ne kazuje prstenastu (metamernu) građu, s leđne strane je pokriveno plaštem i obično ljušturom, a s trbušne ima stopalo. Ovom tipu pripadaju amfineuri, puževi, skafopodi, školjke i glavonošci (cefalopodi).

Melanofori — hromatofori, koji u sebi sadržavaju crna pigmentna zrnca.

Meroplankton — životinje, koje dio života provode u planktonu, a dio na morskome dnu.

Metazoi — višestanične životinje, kod kojih su pojedine grupe stanica udružene u različna tkiva.

M e t i l j i *(Trematodes, trematodi)* — parasitski niži crvi (plathelminti) obično jako spljoštena tijela, s jednom ili više pijavki za prisisavanje. Najpoznatiji predstavnik je metilj *(Distomum hepaticum)*.

M e z o h a l i n o s t — pojava, da se sloj najviše slanoće nalazi između slojeva nižih slanoća.

M e z o p s a m o n — naselje životinja, koje žive u šupljinicama između zrnaca pijeska.

M e z o t e r m i j a pojava, da se slojevi viših temperatura nalaze između slojeva nižih temperatura.

M i k r o f a g n e ž i v o t i n j e — životinje, koje procjeđuju iz vode sebi za hranu mikroskopski malene organizme i detritus.

M i k r o p l a n k t o n — planktonski organizmi, koje možemo loviti finim planktonskim mrežama, ali su tako maleni, da ih ne raspoznajemo prostim okom.

M i l l e p o r i d a e — zadružni hidroidi, kod kojih je kutikularni skelet jako impregniran vapnencem i koji stoga poput nekih koralja znatno sudjeluju u tvorbi vapnenačkih grebena. Rod *Millepora*.

M i z o s t o m i d i *(Myzostomidae)* — mali parasitski poliheti s pločastim, mekim i trepljavim tijelom.

M o d r o z e l e n e a l g e *(Cyanophyceae)* — alge, koje u svojim stanicama sadržavaju pored hlorofila također i naročite proteidne pigmente: fikocijan i fikoeritrin.

M o l e k u l a r n a k o n c e n t r a c i j a (osmotska vrijednost) — ukupni broj molekula otopljenih soli u jedinici volumena neke tekućine.

M o r s k a d o b a — plima i oseka.

M o r s k e z v i j e z d e *(Asteroidea)* — spljošteni bodljari, u kojih tijelo ima oblik petokrake zvijezde, na kojoj razlikujemo središnju ploču i pet krakova.

M o r u z g e (aktinije) — usamljeni antozoi dvosimetrične unutrašnje građe, bez skeleta, s jakom osnovom za pričvršćivanje.

M u g i l l i d a e — ribe koštunjače, koje imaju nešto spljoštenu glavu i rado zalaze u slatku vodu. Rod *Mugil* (cipal).

M u l l i d a e — ribe koštunjače s dva duga nitasta nastavka na jezičnoj kosti. Rod *Mullus* (trlja).

N a n o p l a n k t o n — najmanja planktonska bića, koja prolaze kroz okanca i najfinijih planktonskih mreža.

N e k t o n — zajednica pelagijskih životinja, koje se pomiču s mjesta nezavisno od gibanja vode.

N e m a t o d i — većinom parasitski niži crvi iz grupe ashelminta valjkasta ili vretenasta oblika. Rodovi *Filaria, Trichinella, Ascaris* i drugi.

N e m e r t i n i *(Nemertinea)* — daleko pretežno nečlanjeni morski crvi s jako izduženim, trepljastim i nešto dorsoventralno spljoštenim tijelom, koje sprijeda završuje istežljivom rilicom. Bentoski rodovi *Linaeus* i *Cerebratulus* i planktonski *Pelagonemertes*.

N e r i t s k i p l a n k t o n — planktonske vrste, koje su u izvjesnoj mjeri zavisne od morskoga dna ili obale.

N i t r a t n e b a k t e r i j e — bakterije, koje oksidiraju nitrite do nitrata. Rod *Nitrobacter*.

N i t r i f i k a c i j a — proces, koji se vrši djelovanjem nitrifikacijskih bakterija, i u kojemu se amonijak oksidira do nitrita i konačno do nitrata.

N i t r i f i k a c i j s k e b a k t e r i j e — bakterije, koje vrše procese nitrifikacije.

N i t r i t n e b a k t e r i j e — bakterije, koje oksidiraju amonijak do nitrita. Rodovi *Nitrosomonas* i *Nitrosococcus*.

N o r m a l n a g u s t o ć a morske vode — omjer između težina nekog volumena morske vode pri 0^0 C i jednakog volumena čiste vode pri 4^0 C.

N u m u l i t i — izumrli (fosilni) rizopodi srodni s današnjim foraminiferama, sa spljoštenim, poput puža uvijenim i katkada nekoliko centimetara velikim vapnenačkim ljušturicama. Iz tih ljušturica su izgrađeni tzv. numulitni vapnenci iz krede i tercijara.

O c e a n s k a s t r a t o s f e r a — sav blok oceanske vode, koji ostaje sjeverno i južno od troposfere, kao i ispod nje (D e f a n t).

O f i u r o i d i *(Ophiuroidea*, zmijure) — bodljari jako spljoštena i koturasta tijela, iz kojega se naglo odvajaju duge, tanke i zmijoliko savitljive ručice. Rodovi *Ophiura, Ophiothrix* i *Ophioderma*.

O k s i f o r i č n a s p o s o b n o s t — sposobnost stalne količine krvi, da veže veću ili manju množinu kisika.

O k t o p o d i *(Octopoda)* — dvoškržni glavonošci, koji imaju osam jednolikih ručica s pijavkama. Rodovi *Octopus, Eledone* i *Argonauta*.

O l i g o h e t i *(Oligochaeta)* — viši crvi (anelidi) prstenaste (metamerne) građe, sa sitnim i malobrojnim četinjama i bez parapodija. Rodovi *Lumbricus* i *Tubifex*.

O p h e l i i d a e — polihetni crvi s brojnim malim očima sa strane segmenata. Mediteranski rod *Polyophtalmus*.

O p i s t o b r a n h i j i *(Opisthobranchia)* — morski puževi s jednom škrgom, koja je smještena iza srca.

O s m o t s k i t l a k ili o. vrijednost, vidi molekularna koncentracija.

Ostrakodi *(Ostracoda)* — sitni račići s dvokrilnom ljušturicom, koja je slična školjkinoj ljušturi i potpuno zatvara malo tijelo, koje je pobočke spljošteno. Morski rodovi su *Cypridina, Halocypris* i *Conchoecia* (sl. 47).

Palolo — epitokna generacija (tj. jedinke sa segmentima, koji su puni spolnih proizvoda i upadljivo se razlikuju od ostalih segmenata) nereidskog crva *Eunice viridis,* koji se u određeno doba godine diže s morskoga dna, slobodno pliva u planktonu i u to vrijeme obavlja spolne procese.

Pantopodi *(Pantopoda)* — razred malih i isključivo morskih člankonožaca, koji su nešto slični paucima, i tijelo im je raščlanjeno u člankoviti trup i kratak, valjkast i nečlankovit zadak. Imaju obično sedam ili osam pari vrlo dugih nogu.

Parazoi *(Parazoa)* — ime, kojim se označuju spužve, naprema svim ostalim metazoima, koji se obuhvaćaju imenom *Eumetazoa,* (Hadži).

Pasati — tropski vjetrovi, koji nastaju zbog razlika atmosferskog tlaka između nešto viših širina (30°—45° sjeverne i južne, gdje vlada visoki tlak) i uže ekvatorijalne oblasti (gdje vlada nizak tlak) i postojano duvaju sjeverno od ekvatora kao sjeveroistočni pasat u pravcu jugozapada, a južno od ekvatora kao jugoistočni pasat u pravcu sjeverozapada.

Pauci *(Araneida)* — obično kopneni člankonošci s glavom i prsima, koji su srasli u samar (cephalotorax) i nose šest pari udova (od toga četiri para dužih nogu), i s relativno velikim zatkom, koji je bez nogu, a sa predivnim žlijezdama.

Pelagijal — zajednica živih bića, koja žive u slobodnoj vodi nezavisno od dna. Sastoji se od planktona i nektona.

Penatularije *(Pennatularia)* — zadružni koralji, u kojih su zadruge ili kormi — kijačasta, perasta ili listolika oblika — donjim krajem rahlo zakopani u pijesku, a na površini slobodnog dijela nose veliki broj polipa, koji imaju po osam perastih tentakula. Mnogi oblici se odlikuju svijetljenjem.

Pennatae — većinom bentoske dijatomeje obično s produženim, eliptičkim i bilateralno simetričnim ljušturicama.

Pennatulidae — porodica iz grupe penatularija s kormima nalik na list, koji je sastavljen od perasto raspoređenih listića i nosi na rubovima jedan ili više redova polipa. Rod *Pennatula.*

Peridineje *(Peridiniales)* — dinoficeje ili dinoflagelate, kod kojih je tijelo zaštićeno spolja čahuricom, koja je složena iz manjeg ili većeg broja celuloznih pločica.

Periodičnost — slijed promjena, koje su u stalnom odnosu prema godišnjim dobama.

Pijavice *(Hirudinea)* — većinom parasitski viši crvi (hetopodi) s valjkastim ili nešto dorsoventralno spljoštenim i prstenasto građenim tijelom, s jednom pijavkom na prednjem i s drugom na stražnjem dijelu tijela. Morski rod *Pontobdella.*

Plakofori *(Placophora)* — mekušci iz razreda amfineura, s dorsoventralno spljoštenim i bilateralno simetričnim tijelom, koje je s leđne strane pokriveno ljušturicom iz osam transversalno smještenih i među sobom zglobljenih pločica. Rod *Chiton.*

Plankton — zajednica živih bića, koja u svojim pomicanjima s mjesta uglavnom zavise od gibanja vode.

Planktonski ekvivalenti — neki fiziologijski, fizički ili kemijski faktori, koji stoje u stalnom upravnom odnosu s biomasom planktona i mogu je adekvatno predstavljati.

Planuloidea — sićušne životinje priproste tjelesne organizacije i parasitskog načina života.

Plaštaši *(Tunicata,* tunikati) — na osnovi pričvršćeni ili slobodno plivajući hordoniji s vrećastim ili bačvastim tijelom, koje je sa svih strana zaštićeno debelim plaštem.

Plathelminti *(Plathelminthes)* — niži crvi spljoštena tijela i bez tjelesne duplje. Obuhvaćaju trepljaste crve (turbelarije), metilje (trematode) i trakavice (cestode).

Pločani kitovi *(Mystacoceti)* — kitovi sa simetričnom lubanjom, s dvije nosne šupljine i s rožanim pločama (ili usima) u ustima, koje služe za procjeđivanje hrane. Rodovi *Balaena, Balaenoptera* i *Megaptera.*

Plosnatice *(Pleuronectidae)* — ekonomski važna porodica riba koštunjača kratkog, sa strana vrlo spljoštenog i nesimetričnog tijela. Jednom bočnom stranom trajno leže na morskome dnu, a drugom su okrenute prema gore, i ta je strana tamnije obojena i nosi oba oka. Rodovi *Hipoglossus, Rhombus, Pleuronectes, Solea.*

Plućnjaci *(Pulmonata)* — redovno suhozemni ili slatkovodni puževi, koji nemaju škrga i dišu s pomoću plaštane duplje (»pluća«).

Pneumatofori — uzdušni mjehuri na stablu sifonofora.

Poikilotermna bića — živa bića, kod kojih molekularna koncentracija unutarnje sredine odgovara približno onoj vanjske sredine.

Polarna fronta — granica između tople atlantske i ledenih polarnih struja, koja se nalazi na istočnim obalama Njufaundlenda, između Grenlanda i Islanda i u Barencovu moru.

Poletuše (ribe) — ribe s prsnim perajama, koje su povećane poput krila. Rod *Exocoetus.*

Poliheti *(Polychaeta)* — morski crvi četinjari (hetopodi) s dobro razvijenim parapodijima, koji nose brojne čekinje.

Polihromatizam — sposobnost nekih životinja, da prema boji podloge kazuju razne boje tijela.

Polikladni turbelariji *(Polycladidea)* — morski turbelariji listoliko spljoštena tijela i s crijevom, koje se bogato grana u svim pravcima. Među drugima rodovi *Leptoplana* i *Planocera*.

Pontsko-sarmatska regija — biogeografska regija, koja obuhvaća područje Crnog, Azovskog i Kavkaskog mora.

Porcellanasteridae — porodica morskih zvijezda s uskim ručicama. Rod *Porcellanaster*.

Porifera, vidi spužve.

Potamogetonaceae — vodene biljke jednosupnice, od kojih u moru žive rodovi *Zostera, Posidonia* i još neki drugi.

Potrošači suspenzije — životinje, koje se hrane malim planktonskim bićima i neživim organskim česticama u suspenziji.

Praživotinje *(Protozoa)* — većinom mikroskopski malene jednostanične životinje. Obuhvaćaju četiri razreda: bičare (flagelate), trepljare (cilijate), rizopode i sporozoe.

Producenti (proizvođači) — organizmi, koji proizvode organsku materiju iz anorganskih spojeva.

Produktivna zona — gornji slojevi vode (mora), u kojima ima dovoljno svijetla za fotosintezu.

Prosijavači — zajedničko ime za mikrofagne životinje, koje dobivaju sitnu hranu procjeđivanjem (filtriranjem) vode.

Prosobranhiji — puževi obično s jednom škrgom, koja se nalazi ispred srca. Veliki broj većinom morskih rodova *(Patella, Littorina, Vermetus,* heteropodi itd.).

Protraheati *(Protracheata)* — primitivni člankonošci crvolika tijela, s većim brojem jednolikih segmenata, od kojih svaki, osim posljednjeg, ima po jedan par udova. Rod *Peripatus*.

Pterobranhiji *(Pterobranchia)* — razred zadružnih enteropneusta, koji žive u pričvršćenim cijevima, imaju na prednjem kraju tijela odvojen koturast segment, a iza njega usta (s trbušne), čmar (s leđne strane) te jedan ili više pari ručica s brojnim tentakulima. Rodovi *Cephalodiscus* i *Rhabdopleura*.

Pteropodi — morski i planktonski puževi iz grupe opistobranhija, u kojih je stopalo pretvoreno u dvije bočne peraje, a ljuštura zakržljala. Rodovi *Clione* i *Creseis*.

Puževi *(Gastropoda)* — mekušci s nesimetričnom građom tijela, s dobro razvijenom glavom, obično s jakom jednokrilnom i vapnenačkom ljušturom i s mišićavim stopalom. Mnogobrojni i većinom morski rodovi.

Rabdocelni turbelariji *(Rhabdocoela)* — mali turbelariji jednostavnije građe i s crijevom nalik na nerazgranjenu cijev.

Raci *(Crustacea)* — razred člankonožaca, kod kojih se tijelo sastoji iz većega broja članaka, žive u vodi i dišu škrgama.

Radiolariji *(Radiolaria)* — morski i općenito planktonski rizopodi s okruglastim (jednostaničnim) tijelom, koje je spomoću opnaste i šupljikave centralne čahurice podijeljeno u središnji gušći (intrakapsularni) i spoljašnji rjeđi (ekstrakapsularni) dio i ima skelet u obliku radijalno smještenih iglica ili prorešetanih ljušturica iz stroncijeva sulfata ili kremena (sl. 46a).

Reducenti (pretvarači) — organizmi, koji svojim životnim funkcijama reduciraju organske spojeve u anorganske, iz kojih su izgrađeni.

Respiracijske boje — krvne boje, koje vežu kisik za disanje.

Ribe *(Pisces)* — vodeni kralješnjaci, u kojih je tijelo pokriveno ljuskama, nose neparne (leđna, repna i analna) i parne (prsne i trbušne) peraje i dišu škrgama.

Rissoidae — mali prosobranhijski puževi s čunjastom kućicom. Rod *Rissoa* (sl. 97).

Rizocefali *(Rhizocephala)* — parasitski račići iz grupe ciripedija, koji imaju tijelo nalik na mješinicu i bez udova i žive kao parasiti naročito na zatku dekapodnih rakova. Najpoznatiji rod *Sacculina*.

Rizopodi *(Rhizopoda)* — jednostanični organizmi, koji se kreću s mjesta i uzimlju hranu spomoću lažnih nožica ili pseudopodija. Među rizopode ubrajamo, pored nekih drugih grupa, također morske radiolarije i foraminifere.

Rodobakterije — bakterije crvene boje.

Rodoficeje *(Rhodophyceae)*, vidi crvene alge.

Rotatoriji *(Rotatoria)* — sitni (obično do 1 mm dugi) i većinom slatkovodni niži crvi valjkasta oblika (ashelminti), s vijencem trepalja oko ustiju.

Rožane spužve — spužve, koje imaju skeletne niti iz rožane tvari ili spongina. Predstavnik rod *Euspongia*.

Rudisti — izumrle (fosilne) školjke, u kojih je desna ljuštura duga i čunjasta, a lijeva slabo razvijena i služi kao poklopac desnoj.

Sagitoidi, vidi hetognati.

Salpe *(Salpae)* — planktonski i kao staklo prozirni plaštari valjkasta tijela. Rod *Salpa*.

Samotanci (paguridi) — raci deseteronošci s dugim, mesnatim i nesimetričnim zatkom, koji obično drže, zbog zaštite, sklonjen u puževoj kućici.

Scombridae — porodica riba koštunjača, među koje idu važni rodovi *Thynnus* (tunj), *Sarda* (polanda), *Scomber* (skuša) i *Xiphias* (mačonoša).

Scopelidae — porodica dubokomorskih riba sa svijetlećim organima. Rod *Scopelus (Myctophum)*.

Segmenti — poprečni prstenovi, iz kojih se sastoji tijelo člankonožaca i crva anelida.

Selahiji (*Selachia*) — ribe s hrskavičnim skeletom i s vretenastim ili spljoštenim tijelom, koje ima obično pet do sedam pari škržnih otvora.

Selektivna apsorpcija svijetla — pojava nejednolikog upijanja raznobojnih zraka svijetla.

Selektivno rasipanje zraka — nejednoliko skretanje raznobojnih zraka svijetla s pravocrtnog puta na stranu zbog njihova odbijanja od molekula vode i čestica u suspenziji.

Selice (ribe) — ribe, koje vrše stalna i periodična putovanja iz jednih voda u druge.

Serpulidi (*Serpulidae*) — crvi četinjari (hetopodi), koji žive u kožastim ili vapnenačkim i na osnovi pričvršćenim cijevima i nose na prednjem kraju tijela vijenac tentakula.

Sesilnost — pojava, da neka živa bića nisu sposobna da se pokreću s mjesta, na kojemu ostaju trajno nepomična.

Seston — sve što lebdi u vodi: planktonska bića i nežive čestice (Kolkwitz).

Shizopodi (*Schizopoda*) — mali raci s tankim oklopom, koji pokriva prsa, s osam pari rašljastih prsnih nožica i s dugim zatkom. Rodovi *Euphausia, Meganyctiphanes, Mysis, Praunus* i drugi.

Sifonale (*Siphonales*) — najviše razvijene i pretežno morske zelene alge (hloroficeje), u kojih je čitava (vegetacijska) steljka u stvari samo jedna stanica. Rodovi *Codium, Udotea* (sl. 33), *Halimeda* i drugi.

Sifonofore (*Siphonophorae*) — isključivo morske i na planktonski način života prilagođene zadruge hidrozoa, sastavljene iz glavnog stabla i više članova, koji su u stvari izmijenjene jedinke i kazuju različit oblik i djelovanje. Rodovi *Physophora, Stephalia, Velella, Porpita* i mnogi drugi.

Sifonokladijale (*Siphonocladiales*) — visoko razvite i pretežno morske zelene alge s većim brojem jezgara u stanicama. Rodovi *Valonia, Dasycladus, Acetabularia* i drugi.

Silikoflagelate (*Silicoflagellatae*) — jednostanične i obično vrlo male alge iz grupe bičara (flagelata) sa zlatno žutim hloroplastima i s kremenim ljušturicama.

Simbiotsko svijetljenje — pojava bioluminiscencije, kojoj su uzrok fotogene bakterije, koje žive u simbiozi.

Simbioza — zajednički život dvaju organizama, u kojemu svaki od njih ima neku korist od zajedničkog života.

Simorfizam — morfologijsko podudaranje živih bića s okolinom.

Sipunkuloidi — razred morskih anelida s golim (bez četinja), valjkastim i nečlankovitim tijelom, koje se sprijeda produljuje u ispruživu rilicu. Rodovi *Sipunculus, Priapulus* i drugi.

Sisavci (*Mammalia*) — toplokrvni kralješnjaci, koji su obično pokriveni dlakom, imaju četiri uda, koja obično služe kao noge, i rađaju mlade, koji sišu majčino mlijeko.

Skafopodi (*Scaphopoda*) — mekušci srodni s puževima, koji imaju izduženo koničnu, cjevastu i na oba kraja otvorenu kućicu.

Skifomeduze (akalefe) — spolne generacije (meduze) skifozoa, koje su zvonolika ili tanjurasta oblika, obično su znatnijih razmjera, imaju rubne krpe na rubu zvona, a nemaju veluma. Rodovi *Chrysaora, Cyanea, Aurelia, Pelagia* (sl. 56) i drugi.

Skifopolip — nespolna generacija (polip) skifozoa, tzv. skifostoma (*Scyphostoma*), koji nosi na rubu koturastog tijela šesnaest ručica, a periferni dio gastralnog prostora podijeljen je spomoću četiri uzdužne bore (teniole) u četiri komorice.

Skifozoi (*Scyphozoa*) — knidariji s izmjenom dviju generacija: polipne ili skifostome i meduzne ili skifomeduze, ili samo s meduznom generacijom.

Slanoća (*salinitet*) — masa krutih tvari otopljenih u 1000 gr morske vode pod pretpostavkom, da su sav brom i jod zamijenjeni ekvivalentnim iznosom hlora, da su karbonati pretvoreni u okside, a otopljena organska tvar spaljena.

Smeđe (mrke) alge (*Phaeophyceae*) — morske (osim malo izuzetka) alge smeđe boje, koja potječe od naročitog asimilacijskog pigmenta fukoksantina.

Sparidae — porodica riba koštunjača, kojoj pripadaju rodovi *Sparus, Cantharus, Pagellus, Dentex* i drugi.

Spongeliidae — spužve s mrežastim skeletom iz spongina (rožane materije). Rod *Spongelia.*

Spužve (*Spongiae*) — najniži tip višestaničnih životinja, koje žive usamljeno ili u zadrugama i ostaju uvijek pričvršćene na podlozi. Imaju sa strane tijela mnogobrojne male pore, na koje voda ulazi s drobnom hranom, a izlazi napolje na veći izmetni otvor ili osculum. Probavna šupljina je obložena tzv. ovratnim stanicama s bičevima (sl. 119).

Stenohalina bića — organizmi, koji ne mogu bez štetnih posljedica po život podnijeti širi razmak kolebanja slanoće i stoga dolaze samo u normalno slanoj morskoj vodi.

Stenosmotska bića — organizmi, koji podnose samo uži razmak kolebanja molekularne koncentracije vanjske sredine.

Stenoterma bića — organizmi, koji ne podnose znatnija temperaturna kolebanja vanjske sredine.

S t e r n o p t y c h i d a e — porodica dubokomorskih riba koštunjača sa svijetlećim organima i često s teleskopskim očima. Rodovi *Cyclothone, Argyropelecus* i drugi.

S t o m a t o p o d i — raci izdužena tijela s kratkim i tankim oklopom, koji pokriva samo pet (od osam) prsnih segmenata, s pet pari čeljusnih i tri para računastih nogu na prsima, s dugačkim zatkom, koji na segmentima nosi nožice za plivanje i svršava širokom perajom. Rod *Squilla.*

S t o m i a t i d a e — porodica dubokomorskih riba koštunjača izdužena i obično gola tijela i s neobično velikim ustima. Rodovi *Chauliodus* (sl. 83), *Stomias* (sl. 158) i drugi.

S t o n o g e *(Myriapoda)* — obično kopneni i crvoliki člankonošci, koji dišu trahejama, i u kojih je tijelo raščlanjeno na veliki broj jednolikih segmenata, a na svakom ima jedan ili dva para nožica. Amo idu naročito gujini češlji *(Diplopoda)* i prave stonoge *(Chilopoda).*

S t v a r n a g u s t o ć a (gustoća *in situ)* — omjer između težine nekog volumena vode kod određene temperature i tlaka i jednakog volumena vode pri 4° C i tlaku od 0 atmosfera.

S u b a r k t i č k o p o d r u č j e — najjužniji dijelovi arktičke regije.

S u b l i t o r a l — zajednica biljaka i životinja, koje dolaze između razine oseke i donje granice kompaktnih naselja viših alga (koja dolazi između 30 i 120 m dubine).

S u b m e r g e n c i j a — pojava, da neke životinjske vrste, koje dolaze u površinskim vodama Arktika i Antarktika, dolaze također u hladnim dubinskim vodama nižih (intermedijarnih) širina.

S u m p o r n e b a k t e r i j e — bakterije, koje razaraju odnosno reduciraju sulfate do sumporovodika ili obrnuto oksidiraju sumporovodik (H_2S) do sumpora i dalje do sulfata.

S u p r a l i t o r a l — zajednica živih bića, koja dolaze na uskom pasu obale između granice visoke vode (plime) i kopna.

S v i j e t l e ć e b a k t e r i j e, vidi fotobakterije.

Š k o l j k e *(Bivalvia, Lamellibranchiata)* — vodeni mekušci sa slabo razvitom glavom, s tijelom, koje je sa strane spljošteno i zaštićeno dvokrilnom, desnom i lijevom, vapnenačkom ljušturom i s velikim škrgama u obliku lamela.

T a l i j a c e j i *(Thaliacea)* — planktonski i kao staklo prozirni plaštari valjkastog ili bačvastog oblika. Rodovi *Salpa* i *Doliolum.*

T a r d i g r a d a — primitivni, sitni (do 1 mm) i valjkasti člankonošci s četiri para kratkih i nečlankovitih nogu. Slatkovodni rod *Macrobiotus* i morski *Batillipes.*

T e l e o s t e i *(Teleostea),* vidi ribe koštunjače.

T e l e s k o p s k o o k o — naročit tip oka, kod kojega je jedna os znatno duža, i koje dolazi samo kod nekih morskih životinja (naročito rakova, glavonožaca i riba).

T e n t a k u l a t i *(Tentaculata)* — ponajvećma na osnovi pričvršćeni metazoi s nečlankovitim tijelom, koje je spolja zaštićeno hitinskom cijevi ili čašicom ili dvokrilnom vapnenačkom ljušturom i sprijeda oko usta nosi više trepljastih tentakula. Dijele se na foronide, briozoe i brahiopode.

T e r e b e l l i d a e — crvi poliheti s dugim tijelom, koje sprijeda nosi brojna nitasta ticala i žive u cijevima. Rod *Lanice (Terebella).*

T e r i g e n i m u l j — mulj, koji dospijeva u more s kraja rijekama, bujicama i vjetrom.

T e r m i č k a v a l e n c a — granice temperaturnog kolebanja, koje neki organizam podnosi.

T e r m i č k o s l o j a n j e — pojava, da gornji slojevi vode pokazuju (u ljetu) više temperature nego donji.

T e r m o k l i n a (s l o j t e r m i č k o g s k o k a) — sloj vode, u kojemu se javlja velika razlika temperature između gornjih toplijih i donjih hladnijih slojeva.

T h e c a t a — zadružni hidroidni polipi, kod kojih se hitinski omot proširuje oko polipa u obliku čašice ili zvona. Rodovi *Phialidium, Campanularia, Plumularia, Aglaophenia, Antennularia* i drugi.

T i n t i n i d i *(Tintinnidae)* — morski i planktonski cilijati s hitinoznom ljušturicom, u koju mogu sasvim uvući prednji dio tijela s vijencem trepalja (sl. 46 d).

T i o b a k t e r i j e *(Thiobacteria)* — bakterije, koje oksidiraju sumporovodik do sumpora i dalje do sulfata.

T l a k r a s t o v a r i v a n j a — najmanji tlak kisika u krvi, pri kojemu je još moguće njegovo davanje tkivu.

T l a k t o v a r e n j a — najmanji tlak kisika u vanjskoj sredini, pri kojemu se krvni pigmenti mogu njime nasititi.

T o m o p t e r i d i *(Tomopteridae)* — planktonski i kao staklo prozirni poliheti bez četinja i sa spljoštenim parapodijima (sl. 47).

T r a h e a t n i č l a n k o n o š c i *(Tracheata)* — suhozemni člankonošci, koji dišu spomoću traheja i među koje ubrajamo proraheate, stonoge i kukce (insekte).

T r a h i m e d u z e *(Trachymedusae)* — hidroidne meduze bez polipne generacije, s cijelim (nepodijeljenim) rubom zvonolikog tijela i najčešće s brojnim tentakulima.

T r a k a v i c e *(Cestodes)* — dugi, dorsoventralno spljošteni niži crvi iz grupe plathelminta, kod kojih je tijelo složeno iz brojnih članaka (proglotida) i bez crijeva, i koji žive kao parasiti u tijelu drugih životinja. Najpoznatiji rod *Taenia* (trakavica).

T r a n s g r e s i j e — periodična pomicanja tople atlantske vode prema sjeveru i prema jugu.
T r i g l i d a e — ribe koštunjače s velikim prsnim perajama. Rod *Trigla.*
T r i k l a d n i t u r b e l a r i j i *(Tricladidea)* — listoliki ili trakasti turbelariji, kod kojih se crijevo sastoji od jedne prednje i dviju stražnjih grana. Među drugima rod *Planaria.*
T r i l o b i t i — izumrli paleozojski raci s jakim oklopom, koji je na leđnoj strani podijeljen spomoću dviju uzdužnih brazda u srednji, izdignuti, i dva bočna dijela.
T r i p t o n — nežive čestice, koje lebde u vodi (W i l h e l m i).
T r o d i m e n z i o n a l n o s t (životne zajednice) — pojava, da se život u moru širi u sva tri pravca morskog prostora: u širinu, dužinu i dubinu.
T r o p o s f e r a — površinski oko 400 m debeli sloj oceanske vode između 30° sjev. i 30° juž. geogr. šir. (D e f a n t).
T r p o v i *(Holothurioidea)* — bodljari s crvoliko izduženim i bilateralno simetričnim tijelom, koje ima oko usta vijenac tentakula i kreće se s mjesta spomoću ambulakralnih nožica.
T u b i p o r i d a e — zadružni koraljni polipi, koji žive u paralelno položenim orguljastim cijevima. Rod *Tubipora.*
T u n i k a t i, vidi plaštari.
T u r b e l a r i j i *(Turbellaria)* — dorsoventralno spljošteni crvi (plathelminti) ovalnog, listolikog ili trakastog tijela, koje je pokriveno trepljama i nema čmara.
T u r b u l e n t n o g i b a n j e (turbulencija) — gibanje odnosno miješanje vodenih čestica u vertikalnom pravcu.
T v a r i (m a t e r i j e) u m i n i m u m u — kemijski elementi, neophodni za rast bilja, koji uvijek dolaze u tako malim količinama, da upravljaju stepenom proizvodnju i mogu je sasvim ograničiti.

U n u t a r n j a s r e d i n a — tjelesna tekućina, tj. stanični sok biljaka i krv, celomna tekućina i limfa životinja.
U r o b a k t e r i j e — bakterije, koje rastvaraju životinjske ekskrete.

V a g i l n o s t — pojava slobodnog pokretanja na podlozi, koje je usmjereno u nekom pravcu.
V a n't H o f f o v o p r a v i l o — pravilnost, po kojoj se brzina kemijskih reakcija, kod običnih temperatura, s povišenjem temperature za 10° C povećava približno za dva do tri puta.
V a p n e n a č k e a l g e — alge, kod kojih je gomoljasta, korasta ili listasta steljka inkrustirana vapnencem i stoga je kamene konzistencije.
V a p n e n a č k e s p u ž v e — spužve, kod kojih se skelet sastoji iz vapnenačkih iglica.

V i s k o z n o s t — unutarnje trenje među česticama neke tekućine.
V i s o k i a r k t i k — najsjeverniji dijelovi arktičke regije (istočna i sjeverna obala Špicberga, sjeverni dijelovi Barencova mora, Karsko i Sibirsko more, Sjeverozapadni i sjeveroistočni Grenland, Jan Majen, sjeverni i polarni bazen).
V i t a l n a s t a t i s t i k a — statistički podaci, koji nas obavještavaju, kako su razna godišta starosti procentualno zastupana u nekom naselju, na pr. u naselju srdjele.
V o d o z e m c i *(Amphibia)* — kralješnjaci promjenljive tjelesne toplote, koji redovno imaju golu tjelesnu kožu, oba para udova im služe kao noge i dišu dijelom škrgama (u mladosti), a dijelom plućima (u odraslo doba), ili trajno škrgama.
V o r t i c e l l i d a — spomoću drška na osnovi pričvršćeni cilijati zvonolika tijela, koje ima oko usnog otvora spiralni vijenac trepalja. Rodovi *Vorticella, Carchesium* i dr.

Z a k o n m i n i m u m a (po J. Liebigu) — zakonitost, po kojoj onaj od elemenata, koji se nalaze u nedovoljnim količinama i za rast su neophodni, ograničuje razvitak bilja, koji se nalazi u najmanjoj količini.
Z e l e n e a l g e *(Chlorophyceae,* hloroficeje) — pretežno morske alge sa zelenim hloroplastima.
Z m i j u r e, vidi ofiuroidi.
Z o o b e n t a l — zajednica bentoskih životinja.
Z o o h l o r e l e — zelene jednostanične alge, koje žive u intracelularnoj simbiozi s nekim životinjama.
Z o o k s a n t e l e — jednostanične alge smeđe ili žućkaste boje, koje žive u intracelularnoj simbiozi s nekim životinjama.
Z o o p l a n k t o n — zajednica planktonskih životinja.
Z u b a t i k i t o v i *(Odontoceti)* — kitovi s nesimetričnom lubanjom, s jednim nosnim otvorom i sa zubima u ustima.

Ž a l — uski pas obale, koji leži između razina plime i oseke.
Ž e l j e z n e b a k t e r i j e (ferobakterije) — bakterije, koje reduciraju željezni karbonat i talože željezni hidroksid.

KAZALO

(Zvjezdica * naznačuje sliku)

25 Život u moru.

S A D R Ž A J